

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до дипломного проекту (роботи)

магістр
(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему:

**ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА РОБОТИЗОВАНОЇ ПЛАТФОРМИ ДЛЯ
ПЕРЕМІЩЕННЯ У НЕВИЗНАЧЕНОМУ ПРОСТОРІ**

Виконав: студент (ка) VI курсу, групи РІм – 61
спеціальності (напряму підготовки) 152

Метрологія та інформаційно вимірювальна техніка

(шифр і назва спеціальності (напряму підготовки))

Смолюх І.І.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Стрембіцький М.О.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Апостол Ю.О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Дедів І.Ю.

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

Кафедра приладів і контрольно-вимірювальних систем

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Напрямок підготовки 15 Автоматизація та приладобудування
(шифр і назва)

Спеціальність 152 Метрологія та інформаційно – вимірювальна техніка
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

«_____» _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ**

Смолюх Іван Ігорович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) _____

**ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА РОБОТИЗОВАНОЇ ПЛАТФОРМИ ДЛЯ
ПЕРЕМІЩЕННЯ У НЕВИЗНАЧЕНОМУ ПРОСТОРІ**

Керівник проекту (роботи) _____

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом по університету від «23» жовтня 2019 року № _____

2. Термін подання студентом проекту (роботи) _____

3. Вихідні дані до проекту (роботи) _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

[illegible]

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент _____
(підпис)

СМОЛЮХ І.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____
(підпис)

Стрембіцький М.О

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

СКРОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ	6
ВСТУП.....	8
1 ДОСЛІДНИЦЬКО – КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	10
1.1 Літературний огляд за темою роботи	10
1.2 Опис конструкції та принципу роботи спроектованого пристрою	13
1.3 Основні кінематичні та силові розрахунки.....	18
1.3.1. Розрахунок електро – механічного приводу	18
2 ОСНОВИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА МАТМОДЕЛЮВАННЯ	22
2.1 Постановка задачі	22
2.2 Розробка математичної моделі об’єкту дослідження в середовищі SolidWorks	22
2.3 Розробка математичної моделі об’єкту дослідження в середовищі MatLab	30
2.4 Результати дослідження.....	34
2.5 Висновки розділу	35
3 ЕЛЕКТРОНІКА, МІКРОПРОЦЕСОРНА ТЕХНІКА ТА САПР	36
3.1 Розроблення структурної, функціональної схем.....	36
3.1.1 Вибір типу давачів	37
3.1.2 Вибір мікроконтролера.....	42
3.2 Розроблення принципової електричної схеми	45
3.2.1 Розрахунок похибок основних вузлів вимірювання	45
3.2.2 Розробка схеми керування силовими пристроями	51
3.3 Розробка програмного забезпечення для спроектованого пристрою ..	56
3.3.1 Загальний алгоритм роботи пристрою.....	57
3.3.2 Алгоритм здійснення повороту	60
3.3.3 Розроблення керуючих програм для мікроконтролера системи вимірювання та керування	63
4 ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	72
4.1 Визначення стадій технологічного процесу та загальної тривалості проведення НДР	72
4.2 Визначення витрат на оплату праці та оплату відрахувань на соціальні заходи	75
4.3 Розрахунок витрат на електроенергію	78

4.4	Розрахунок витрат на матеріали	79
4.5	Розрахунок суми амортизаційних відрахувань	80
4.6	Обчислення накладних витрат	81
4.7	Складання кошторису витрат та визначення собівартості НДР	81
4.8	Розрахунок ціни НДР	82
4.9	Визначення економічної ефективності і терміну окупності капітальних вкладень.....	83
5	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	85
5.1	Дія ЕМІ	85
5.2	Стійкість об'єкта.....	90
5.3	Нещасний випадок на виробництві	96
5.4	Класи виробничих та складських приміщень по вибуховій та пожежній небезпеці.....	99
5.5	Органи державного нагляду за охороною праці	103
5.6	Висновки розділу	104
6	ЕКОЛОГІЯ	105
6.1	Висновки розділу	112
	ВИСНОВКИ.....	113
	БІБЛІОГРАФІЯ.....	115
	ДОДАТОК А.....	116
	ДОДАТОК Б.....	119

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

Розділ	Термін	Значення
1	GPS	Система глобального позиціонування
	МРП	Мобільна роботизована платформа
	т.д.	Так далі, тому подібне
	ІЧ	Інфрачервоний
	RPM	Обертів за хвилину
	Г-Р	Гальванічно – розв’язаний
	к-сть	Кількість
3	VCC	Напруга живлення (в більшості випадків VCC=5В)
	PSD	Позиційно – чутливий пристрій
	LED	Світлодіод
	ШИМ (PWM)	Широтно – імпульсна модуляція
	АЦП (ADC)	Аналогово – цифровий перетворювач
	ЦАП (DAC)	Цифро – аналоговий перетворювач
	LSB	Значущий біт молодшого розряду
	DMA	Прямий доступ до пам’яті
	MOSFET	Польовий транзистор
4	НДР	Науково – дослідницька робота
	ФОП	Фонд оплати праці
	НКРЕКП	Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сфері енергетики
	СВ	Собівартість
	ПДВ	Податок на додану вартість
5	НС	Надзвичайна ситуації
	ЕМІ	Електро – магнітний імпульс
	нс	Нано секунди

	ЕОМ	Електронно обчислювальна машина
	ЛЕП	Лінії електро передач
	ОГД	Об'єкт господарської діяльності
	ПРУ	Проти радіаційне укриття
	ЦЗ	Цивільний захист
	РІНР	Рятувальні та інші невідкладні роботи
	НАПБ	Нормативний акт протипожежної безпеки
	ПУЕ	Правила улаштування електроустановок
6	НПС	Навколишнього природного середовища
	VRLA	Кислотні акумулятори з регулюючим клапаном

ВСТУП

З розвитком технічного прогресу суспільства, автономні роботи набувають все більшої популярності в буденному житті. Оскільки роботи такого типу широко використовуються в індустріальних аспектах, наприклад для перевірки обладнання, для спеціалізованих місій, які можуть бути небезпечними для людського життя. Також застосування роботизованих вузлів на виробництвах сприяє досягненню більшої точності виготовлення та серійності. А також вони знайшли своє місце в буденному житті людини. Для прикладу всім відомий робот пилосос, газонокосарка і тому подібне.

Автономні мобільні роботи уособлюють в собі простоту дизайну і механізму здійснення руху, будучи складними механізмами, які здатні самостійно приймати рішення у будь-якій ситуації.

Такі роботи можуть бути оснащені різними формами засобів переміщення.

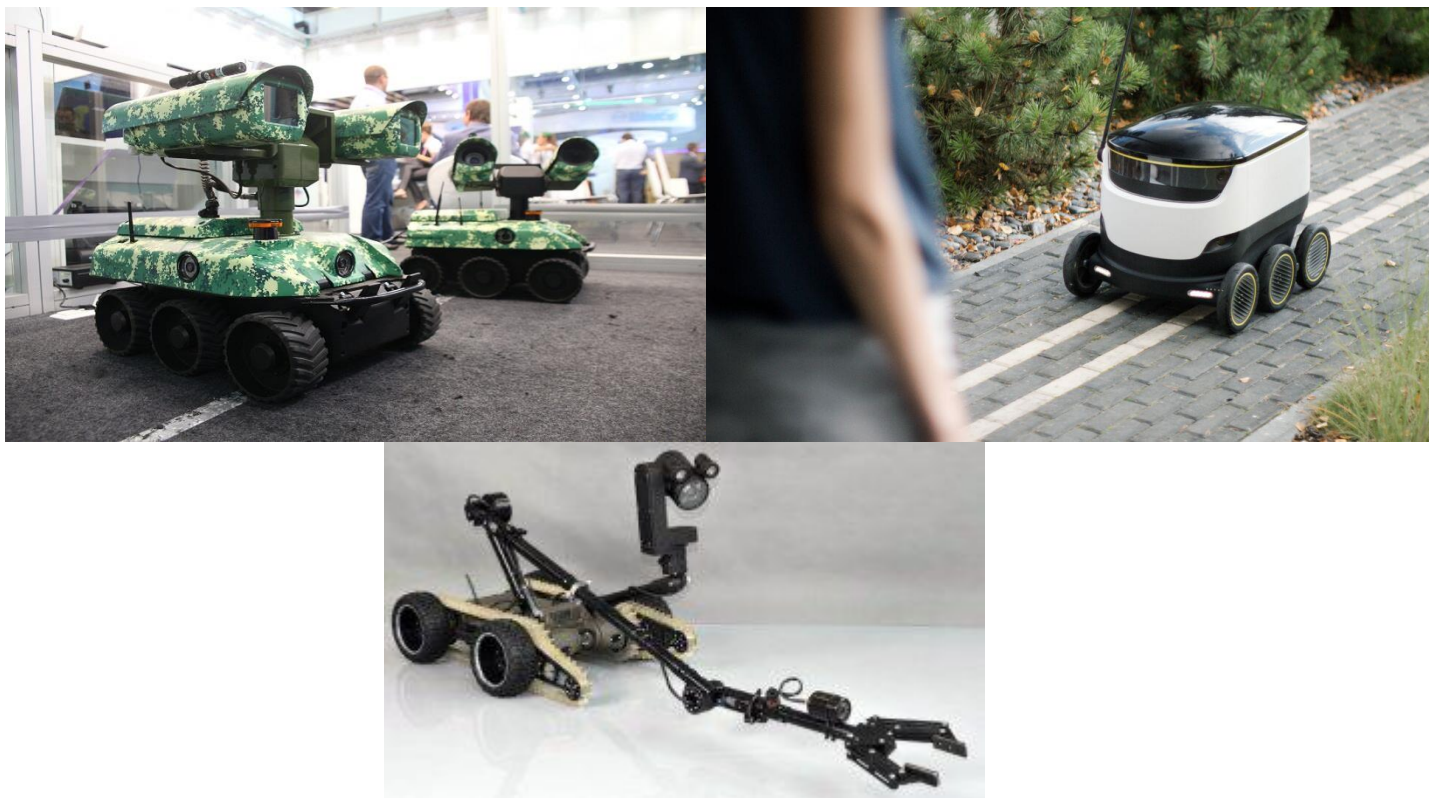


Рисунок 1.1 – а) робот «Унікум», б) Starship Technologies Delivery Robot, в) «PIAP SCOUT»

Наприклад: звичайні колеса, гусениці, ролики; і в залежності від конструкції можуть мати 3, 4 і більше коліс. Для прикладу робот який набув популярності в США як доставщик різних товарів Starship Technologies Delivery Robot, також в цей список можна додати робота який використовується у воєнних цілях для встановлення зорового контакту «Унікум». І як два попередні наступний робот «PIAP SCOT» використовується для переміщення радіаційних матеріалів.

Органами прийому рішень робота виступають оптичні давачі відстані і мікроконтролер. За допомогою певного розміщення давачів і алгоритму їх обробки, робот може приймати рішення в напрямку і швидкості свого переміщення. За основу алгоритму була використана концепція Krzysztof Kozłowski з книги Robot Motion and Control [2], яка в подальшому була дороблена і вдосконалена.

1 ДОСЛІДНИЦЬКО – КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

1.1 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ

Роботизована техніка – це майбутнє багатьох сфер людської діяльності. Але якщо ще 10 років назад така техніка була тільки як концепт, то на сьогоднішній день роботизовані платформи починають завойовувати не тільки увагу, але і пріоритет виробництв.

Для прикладу вже з 2018 року на одному Французькому сільському господарстві почали використовувати автономні роботизовані платформи для різних цілей. Перший вид роботів, які керується за допомогою GPS і призначена для проб ґрунту (див. рис.1.2). Таким чином, вже на початок сезону було створено деталізовану карту поля з позначенням ділянок з різним вмістом поживних речовин. Друга автоматизована машина вноситиме добрива, а наступні проведуть посадку насаджень.



Рисунок 1.2 – Роботизована платформа для проб ґрунту

Наступна сфера застосувань автономних роботизованих платформ – це

сфера доставки. Одним з найяскравіших прикладів – це раніше згаданий роботи компанії Starship Technologies (див. рис.1.1 (б)).

Перевагами таких моделей:

- Доставка на радіус до 6 км від бази;
- Вантажопідйомність до 30 кг;
- Доставка в потрібний момент доби;
- Значно менше витрат на достатку;
- Наявність клімат контролю в загрузочному відсіку.

Наступний вид роботизованих платформ використовуються у воєнній сфері. Основними задачами таких роботів – доставка необхідних ресурсів на поле бою, здійснення розвідки з миттєвою передачею фото-відео матеріалів.

Приклад роботизованої платформи такого сімейства є розробка Українського інженера Зінько Р.В. під назвою: МРП-07 "Кубік".(див. рис.1.3)



Рисунок 1.3 – МРП-07 «Кубік»

МРП-07 "Кубік" застосовуються для отримання розвід даних із обраної зони. Також може доповнюватися різноманітними модулями для отримання необхідних даних. МРП-07 містить додаткову секцію з автономним приводом. Секції можна доповнювати нетиповим навісним обладнанням. МРП-07 з колісною формулою 6х4 призначена для використання на дистанціях до 600 м в середовищі з середнім рівнем невизначеності та агресивності.

Наступний тип роботизованих платформ – це ті призначені для роботи в агресивних середовищах.

В продовж технічної еволюції людство все частіше почало стикатися із завданнями, які можуть викликати значні пошкодження, травми або летальні випадки.

Для прикладу:

- Усунення неполадок в робочих установках;
- Робота під високими температурними фонами (сталеварство);
- Робота у важкодоступних місцях (котлах, вентиляційних шахтах і т.д.);

І одним із прогресивних компаній виробників такого типу роботизованих платформ – PIAP SCOUT® (див. рис.1.1 (в)).

Даний тип роботизованої платформи, призначений для швидкої діагностики польових та важкодоступних місць. Завдяки своїй модульній структурі є можливість використовувати її як мобільну платформу для технічного або технологічного огляду, наприклад, шасі автомобіля або вузькі приміщення. Також дана роботизована платформа широко використовується для усунення радіаційних відходів у важкодоступних місцях. А модульна структура дозволяє змінювати сферу застосування.

Для прикладу він може використовуватися для усунення тріщини у трубах водопроводу без їхнього демонтажу.

1.2 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ ТА ПРИНЦИПУ РОБОТИ СПРОЕКТОВАНОГО ПРИСТРОЮ

Умовно дану конструкцію можна розділити на наступні групи:

- Електронна група
- Трансмісія
- Керуюча

До електронної групи відносяться комплект датчиків та системна плата з вмонтованим контролером і оптичний енкодер швидкості та інша периферія.

Оскільки прийняття рішення, а відповідно і рух робот здійснює після отримання і опрацювання даних з датчиків відстані. Для більшої інформативності було використано ІЧ датчі відстані двох вимірних груп (див. рис.1.4):

- 200 – 1500 мм
- 20 – 150 мм



Рисунок 1.4 – ІЧ датчі дальньої і ближньої відстаней

В якості приладу для вимірювання швидкості робота було обрано використовувати оптичний енкодер швидкості (див. рис.1.5) принцип роботи його базується на отриманні сигналу логічного рівня при появі Гальванічно розв'язаного контакту між парою світлодіод – фото чутливий елемент.

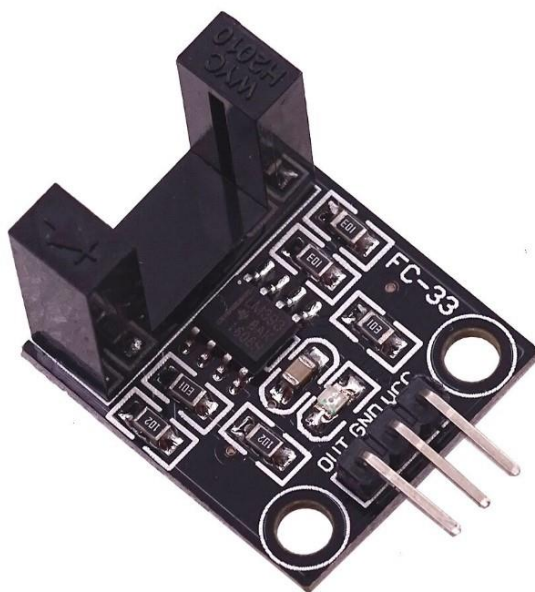


Рисунок 1.5 – Оптичний енкодер швидкості

Задля досягнення поставленої мети було розроблено системну плату під контролер сімейства ARM STM32F103T6C8. Але у зв'язку з явними перевагами модульної версії було прийнято рішення використовувати модульну версію контролера (див. п.3.1.2) з встановленими стабілізаторами на 3,3В.(див. рис.1.6)

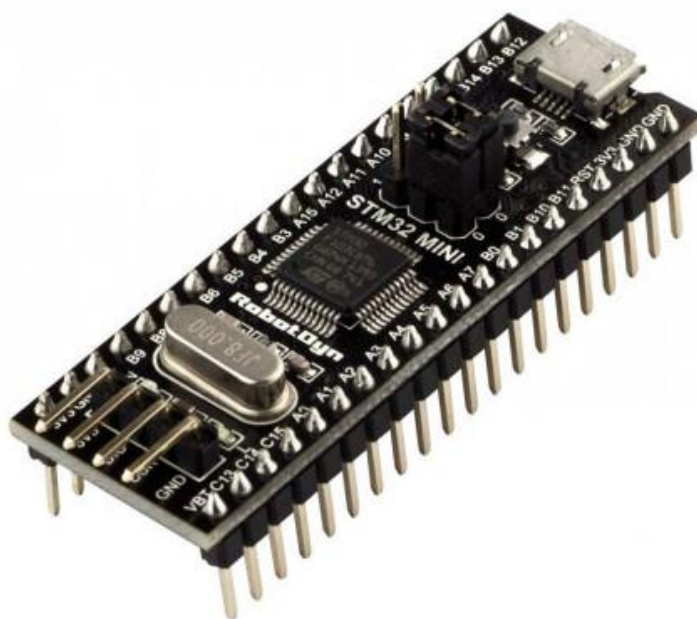


Рисунок 1.6 – Модульна версія STM32MINI

До трансмісійної групи можна віднести підвіску, кріплення і ходову частину, які використовуються для успішного виконання поставленого завдання. В якості елементів цієї групи було використано готовий екземпляр, в якому ходова частина представлена у вигляді (див. рис.1.7)

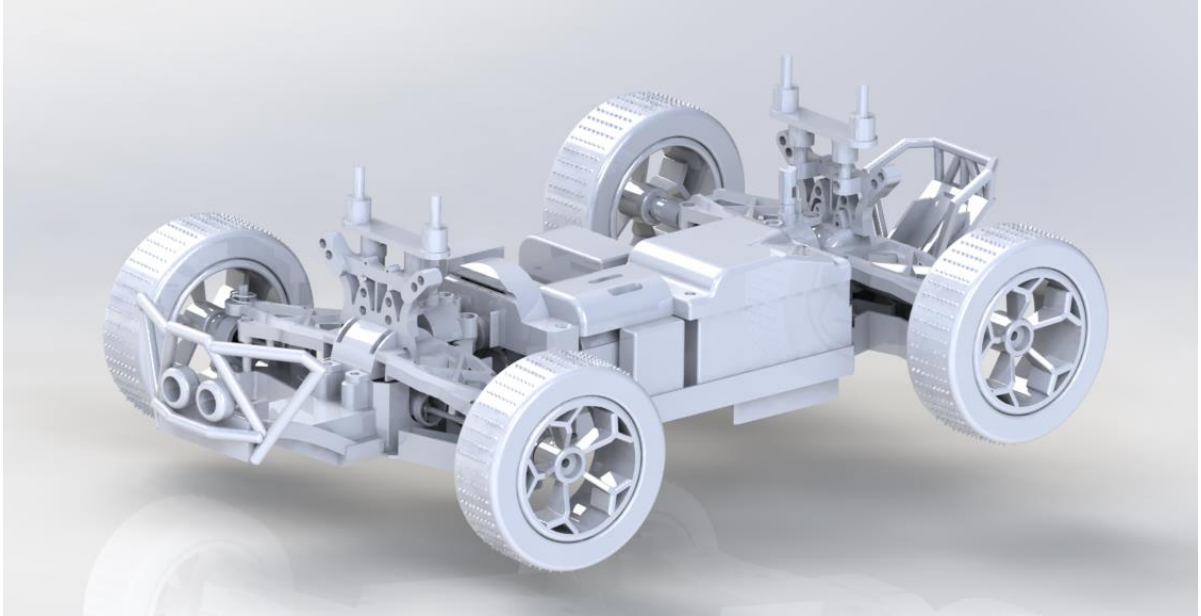


Рисунок 1.7 – Модель ходової частини

Підвіска має чотири амортизатори у вигляді пружних елементів з січенням у $0,1256 \text{ мм}^2$ і довжиною 11 мм.(див. рис.1.8)



Рисунок 1.8 – Модель амортизації підвіски

Більшість основних кріплень було виготовлено за допомогою 3Д принтера, а саме: (див.рис.1.9)

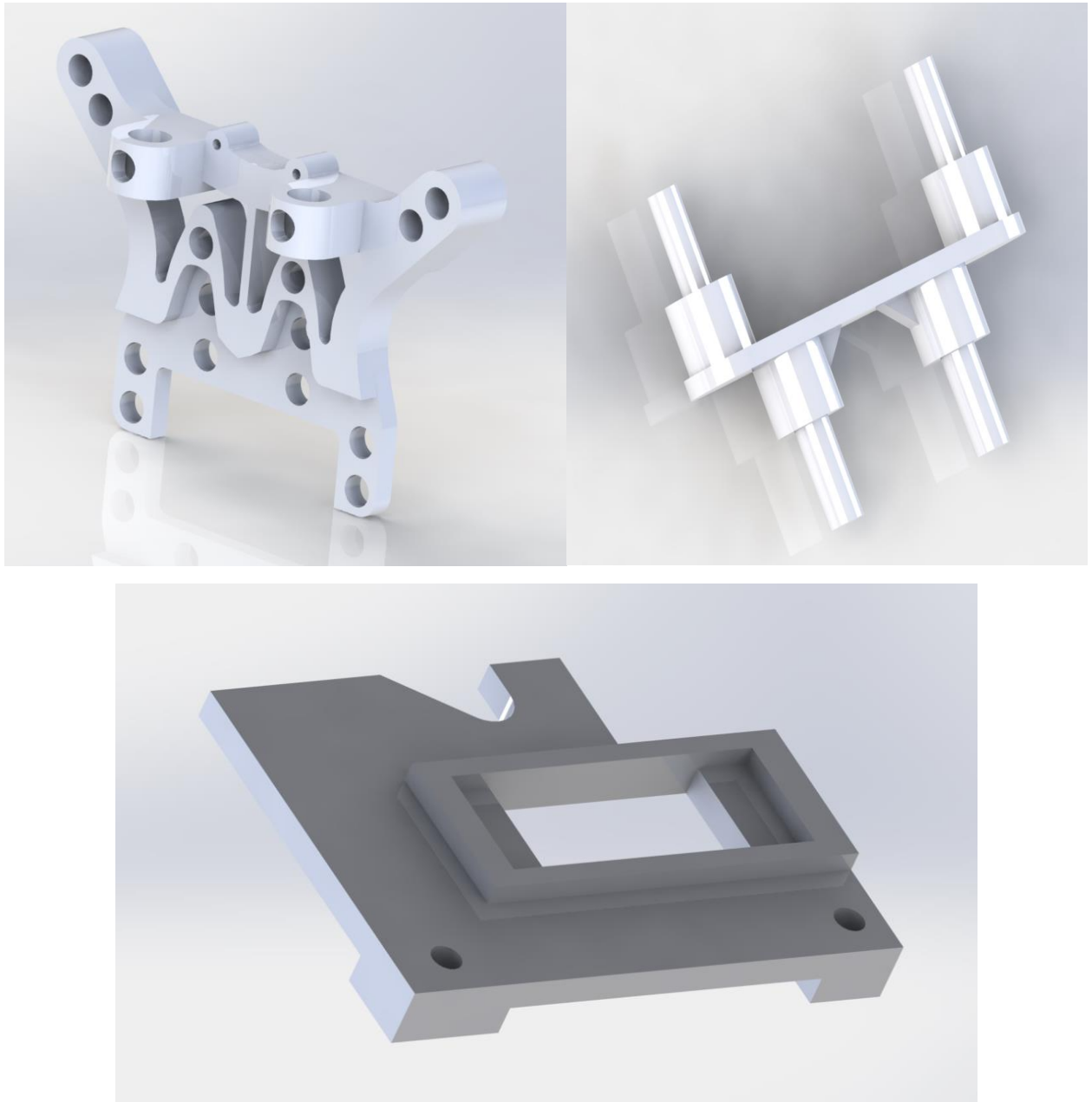


Рисунок 1.9 – а) Модель кріплення плати; б) Допоміжна частина кріплення плати; в) Модель кріплення серводвигуна

До керуючої групи відноситься рульовий механізм, двигун.

Рульовий механізм представляє собою жорстку конструкцію тяг, які прикріплені до поворотних коліс. На вході механізм має циліндричне колесо виконане у вигляді сектора, яке входить в зачеплення з сервоприводом.

Сервопривід був використаний SG90 (див. рис.1.10) який має наступні характеристики:

- Кут повороту 180° ;
- Швидкість виходу на кут $0,1\text{с}/60^{\circ}$;
- Крутний момент $1,8\text{ кг}\cdot\text{см}$ або $0,177\text{ Нм}$.



Рисунок 1.10 – Сервопривід

Як основа рушійної сили робота був використаний двигун постійного струму (див. рис.1.11), який введений в зачеплення за допомогою циліндричної передачі, з наступними характеристиками:

- Швидкість при номінальній напрузі в 5В – 16000RPM (без навантаження);
- Струм при 5В – 140мА (без навантаження);
- Максимальна споживана потужність – 15Вт;
- Максимальний крутний момент – 20 мНм.



Рисунок 1.11 – Двигун постійного струму

1.3 ОСНОВНІ КІНЕМАТИЧНІ ТА СИЛОВІ РОЗРАХУНКИ

1.3.1. Розрахунок електро – механічного приводу

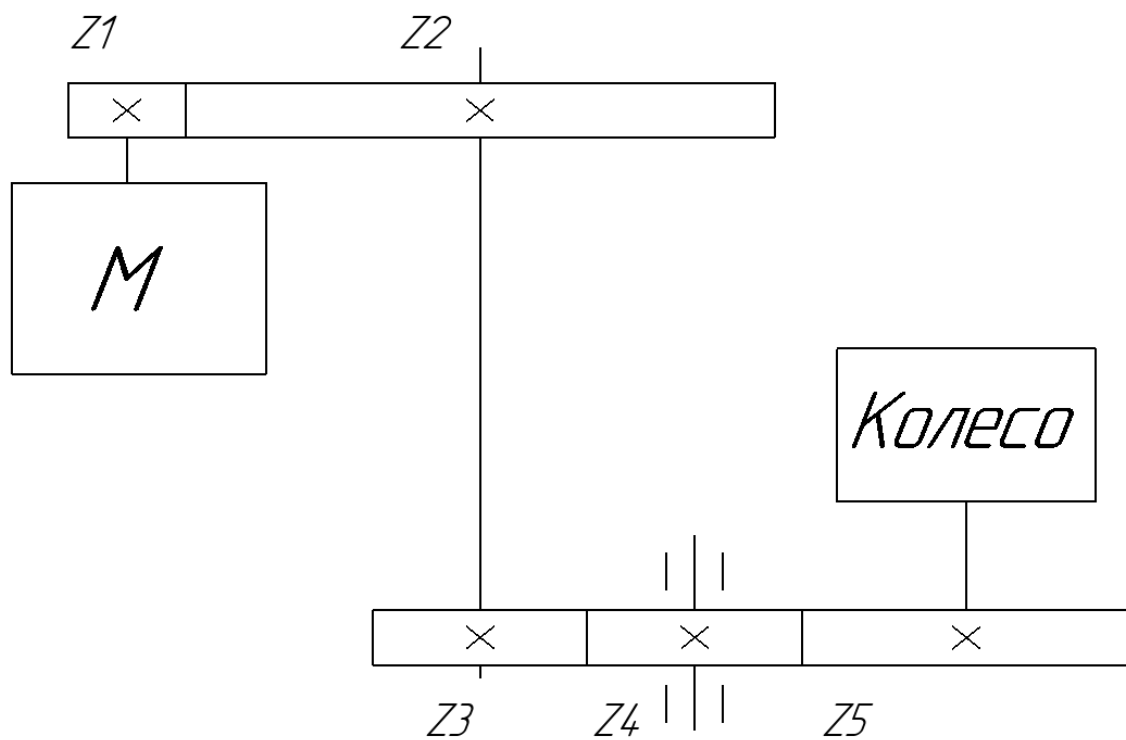


Рисунок 1.12 – Кінематична схема передачі крутного моменту двигуна

На рис1.12 зображено систему з циліндричних передач для перетворення

обертового руху двигуна на поступальний рух роботизованої платформи.

У приладобудуванні передавальне відношення – це відношення веденого колеса до ведучого і показує зміну частоти обертання веденого відносно ведучого. В більшості випадків розрахунок проводиться в межах однієї передачі, а саме з двома шестернями, і ведуча шестерня (яка отримує крутний момент безпосередньо від двигуна) більше веденої шестерні, то остання обертається швидше (і навпаки). Формула для обчислення: $\text{передавальне відношення} = Z2 / Z1$, де $Z1$ – к-сть зубів першої шестерні, $Z2$ – кількість зубів другої шестерні. Дані розрахунку наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Загальне передавальне відношення РД

Шестерня	К-сть зубів	Передавальне відношення	Передавальне відношення передачі
Z1	8	5,5	5,5
Z2	44		
Z3	12	1,17 3,143	3,7
Z4	14		
Z5	44		
Загальне передавальне відношення			20,35

Використовуючи передавальне відношення і частоту обертання ведучої шестерні, можна запросто обчислити частоту обертання веденої шестерні. Як правило вимірюється в *RPM*.

Тому згідно залежності (1.1) можна не тільки знайти швидкість обертання веденого колеса, а і привода в цілому.

$$S1 * Z1 = S2 * Z2 \quad (1.1)$$

де $S1$, $S2$ – кутова швидкість першої шестерні, і відповідно;

$Z1$, $Z2$ – к-сть зубів першої шестерні, і відповідно.

Із залежності (1.2) можна знайти швидкість обертання веденої шестерні, враховуючи, що ведуча шестерня розміщення на валу двигуна і обертається з тією ж самою швидкістю.

$$S_d = S_1 = 16000 \text{ RPM}$$

де S_d – швидкість обертання валу двигуна.

$$S_2 = \frac{S_1 * Z_1}{Z_2} \quad (1.2)$$

$$S_2 = \frac{16000 * 8}{44} \approx 2909 \text{ RPM}$$

Враховуючи той факт, що шестерня Z_2 і Z_3 розміщені на одному валу, то можна стверджувати, що їхні частоти обертання рівні.

$$S_2 = S_3$$

За допомогою виведеної залежності визначаємо наступні швидкості обертання:

$$S_4 = 2493 \text{ RPM}$$

$$S_5 = 794 \text{ RPM}$$

Отримавши швидкість обертання валу на якому розміщені колеса, за допомогою яких робот здійснює поступальний рух, можна розрахувати за допомогою залежності (1.4) яку максимальною лінійну швидкість може розвинути даний робот.

Знаючи RPM , можна знайти кутову швидкість в радіанах в секунду формулою (1.3). За один оборот кут змінюється на 2π радіан, за хвилину – $2\pi n$ радіан, і відповідно:

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \text{ рад/с} \quad (1.3)$$

$$\omega = 83 \text{ рад/с}$$

Знаючи радіус колеса, яке приводить робота в рух, можна знайти лінійну швидкість використовуючи наступну залежність (1.4):

$$v = \omega R \text{ м/с} \quad (1.4)$$

$$v = 2,7 \text{ м/с}$$

або

$$v = 9,7 \text{ км/год}$$

Отже згідно отриманих розрахунків, роботизована платформа для переміщення в невизначеному просторі може переміщатися з максимальною швидкістю в 9,7 км/год. Що є задовільним результатом для такого типу пристрою.

2 ОСНОВИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА МАТМОДЕЛЮВАННЯ

2.1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Перед початком конструювання інформаційної системи роботизованої платформи потрібно провести ряд досліджень для уникнення небажаних результатів, а саме:

- Перевірка на міцність основних елементів кріплення;
- Перевірка на кручення валу передачі крутного моменту;
- Дослідження математичної моделі роботи алгоритму.

Для проведення перших двох досліджень, потрібно використати середовище моделювання SolidWorks. Спочатку буде створено потрібні деталі з врахуванням матеріалу з якого вони зроблені, тоді використовуючи вбудовану утиліту під назвою «Simulation» провести механічні дослідження підставляючи реальні дані.

Перевірку роботоздатності алгоритму буде проведено в середовищі математичного моделювання «MatLab» з використанням вбудованої утиліти «Simulink».

2.2 РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ В СЕРЕДОВИЩІ SOLIDWORKS

Враховуючи методику здійснення поступального руху роботизованої платформи було вирішено провести статичний розрахунок на міцність наступних елементів в середовищі SolidWorks Simulation:

- Кріплення плати
- Центральний осьовий вал
- Вал заднього моста
- Вал переднього моста

Кріплення плати (див. рис.2.1) буде розраховуватись на ударну міць. Оскільки, в даному виконанні робота, кріплення виконує несучу роль для плати та блоку електроніки, які розміщені на них.

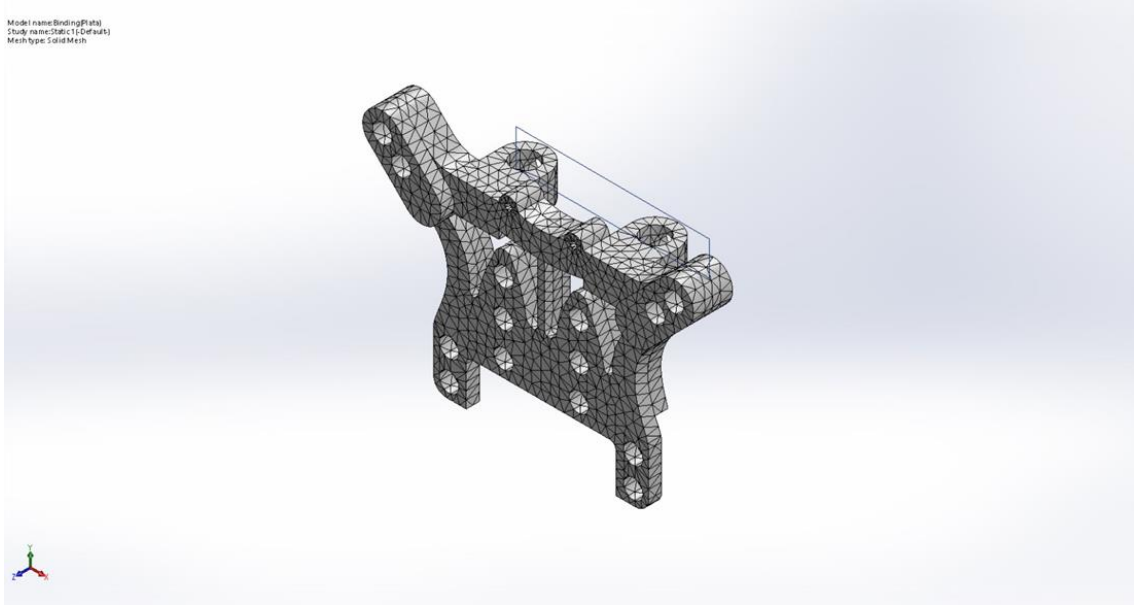


Рисунок 2.1 – Модель кріплення плати

В якості ударного навантаження було прийнято використати силу в 50Н, беручи до уваги вагу плати та інерцію.

Параметри моделі:

- Маса: 0,028 кг
- Вага: 0,24 Н
- Матеріал: ABS Plastic

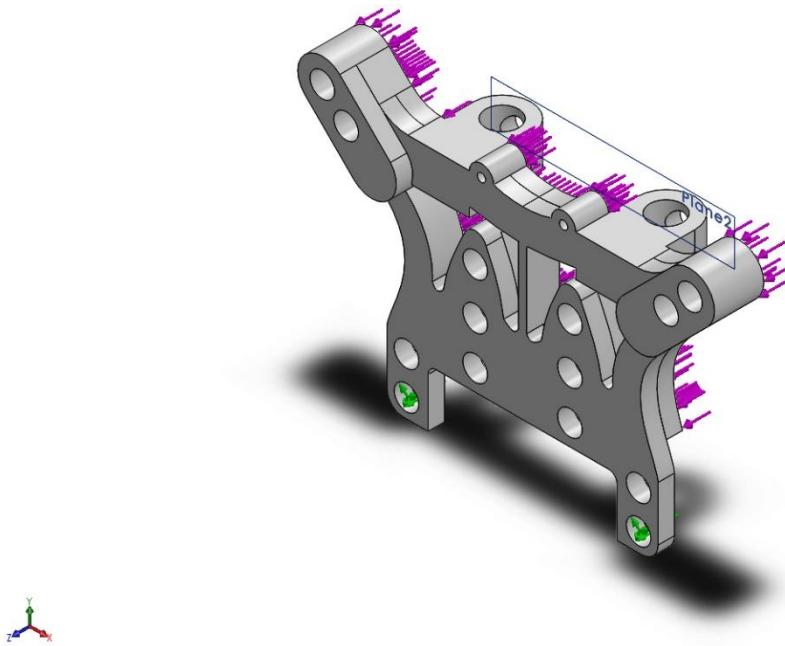


Рисунок 2.2 – Розподіл діючого навантаження на модель

На рис.2.2 показано:

- Фіолетовий – напрямок навантаження
- Зелений – фіксований елемент, відносно якого проводився розрахунок (в даному випадку отвори якими кріпиться до конструкції)

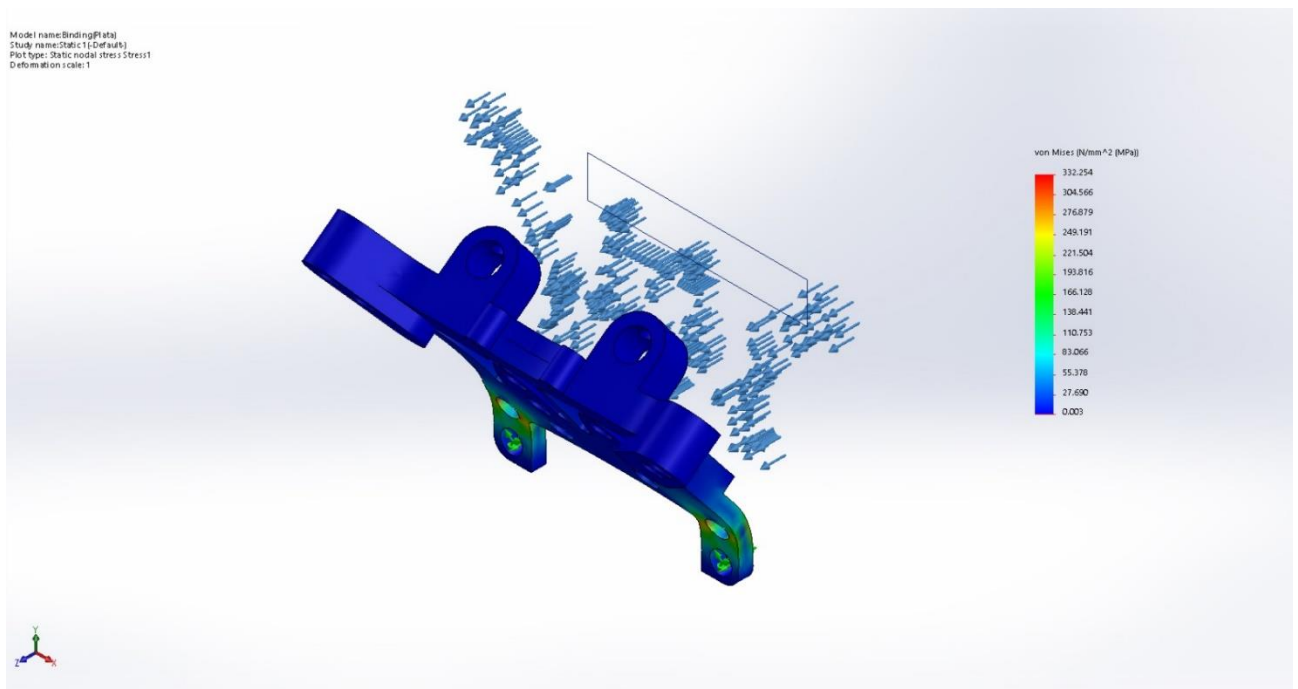


Рисунок 2.3 – Результат дослідження

Беручи до уваги результати проведених симуляцій (див. рис.2.3) можна стверджувати, що дане кріплення не витримає ударне навантаження поставленої сили. Тому було прийнято рішення вдосконалити роботизовану платформу (див. п.2.4).

На центральному осьовому валу запресовано ряд циліндричних коліс (див. рис.2.4), за допомогою яких здійснюється передача крутного моменту від двигуна на вал заднього моста. Тому буде проводитись розрахунок на міцність з врахуванням кута закручування. Такий самий розрахунок буде проведено і для валу заднього моста.(див.рис.2.7)

Параметри моделей:

- Маса (Центрального осьового валу): 0,078 кг
- Маса (Валу заднього моста): 0,052 кг
- Вага (Центрального осьового валу): 0,71 Н
- Вага (Валу заднього моста): 0,51 Н
- Матеріал: Легована Сталь 300M, ABS Plastic

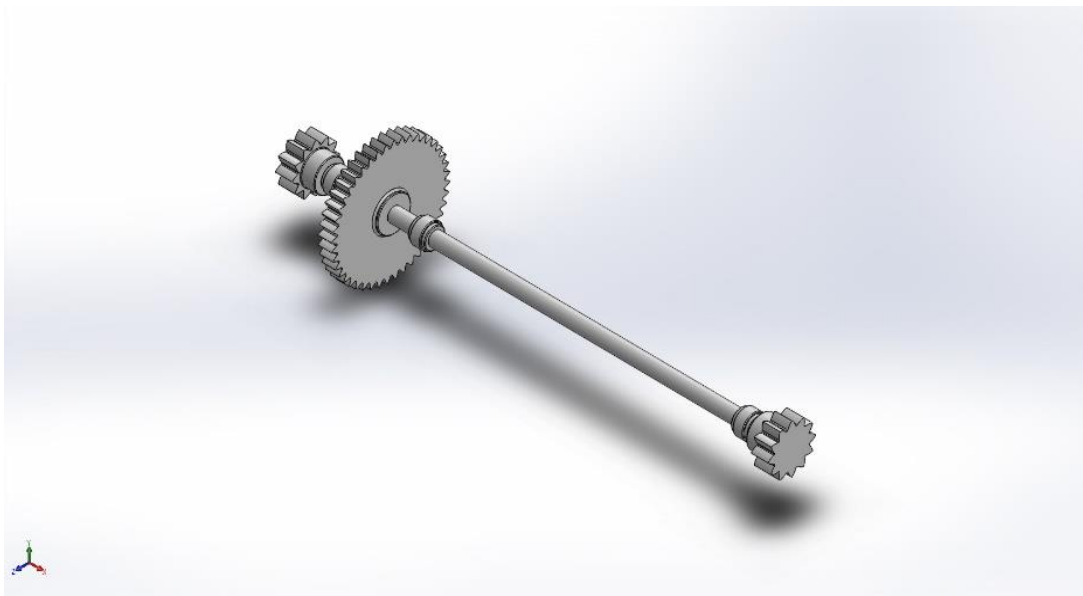


Рисунок 2.4 – Модель центрального осьового валу

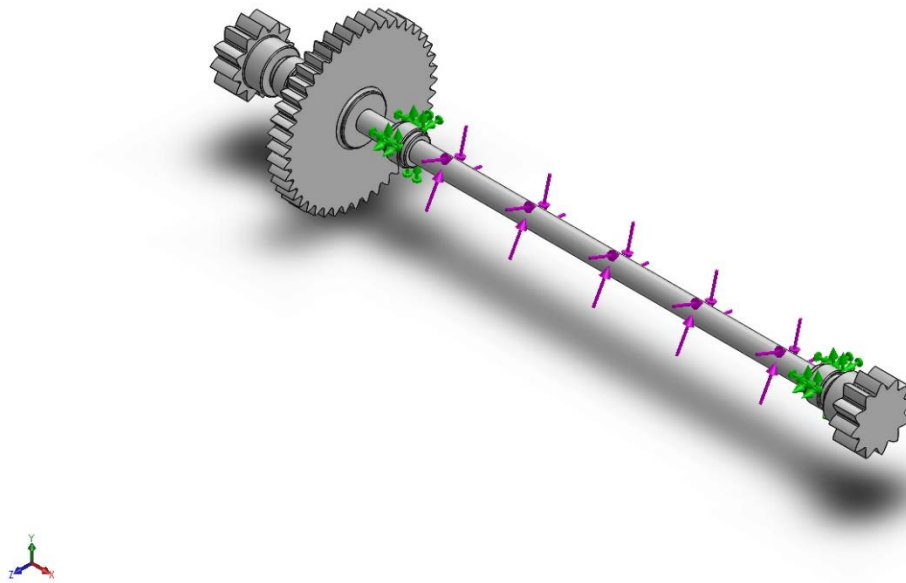


Рисунок 2.5 – Розподіл діючого навантаження на модель

На рис.2.5 показано:

- Фіолетовим – напрямок навантаження(кручення);
- Зеленим – фіксовані елементи (всі зубчасті колеса також фіксовані).

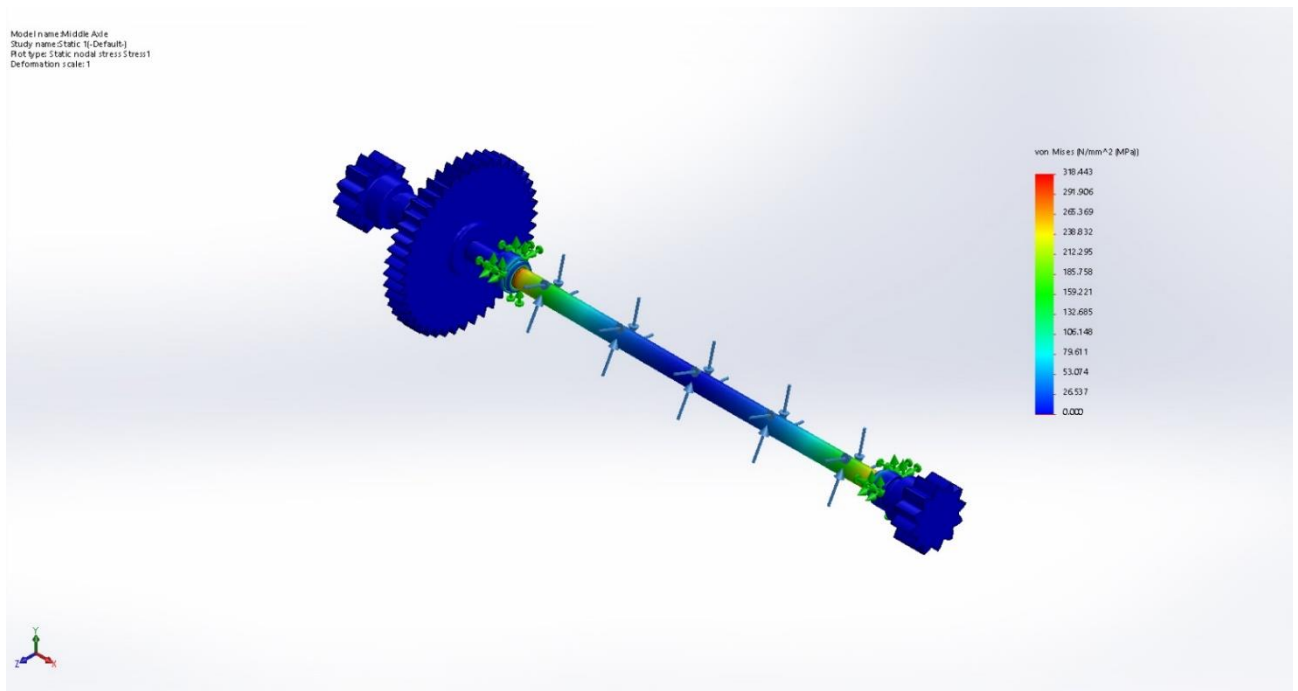


Рисунок 2.6 – Результат дослідження

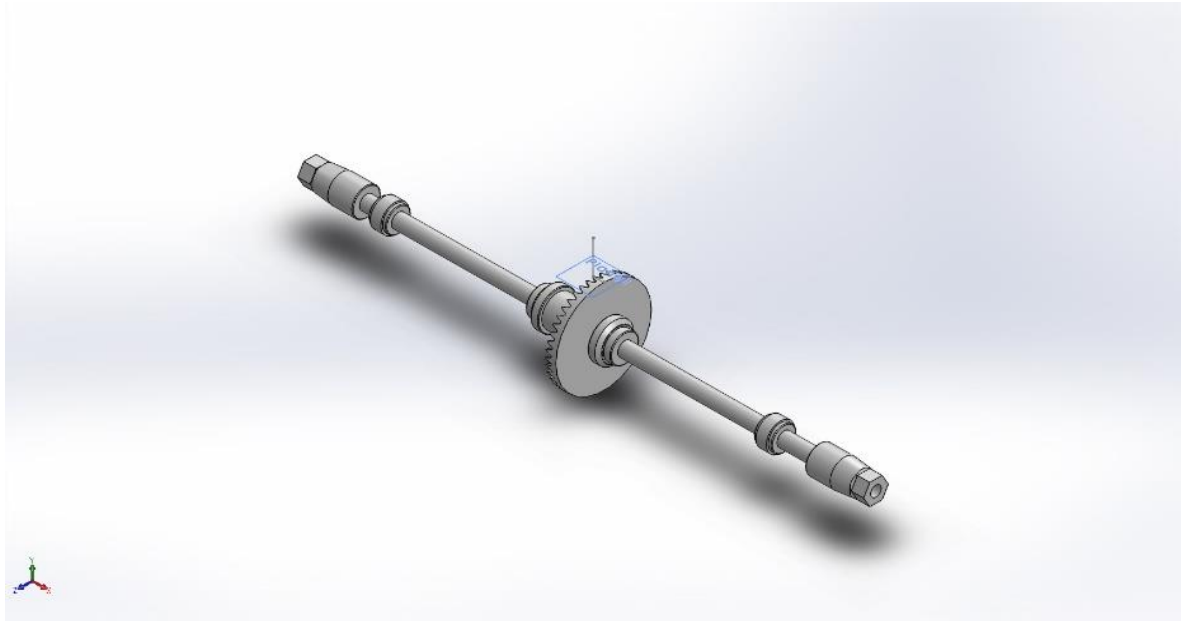


Рисунок 2.7 – Модель валу заднього моста

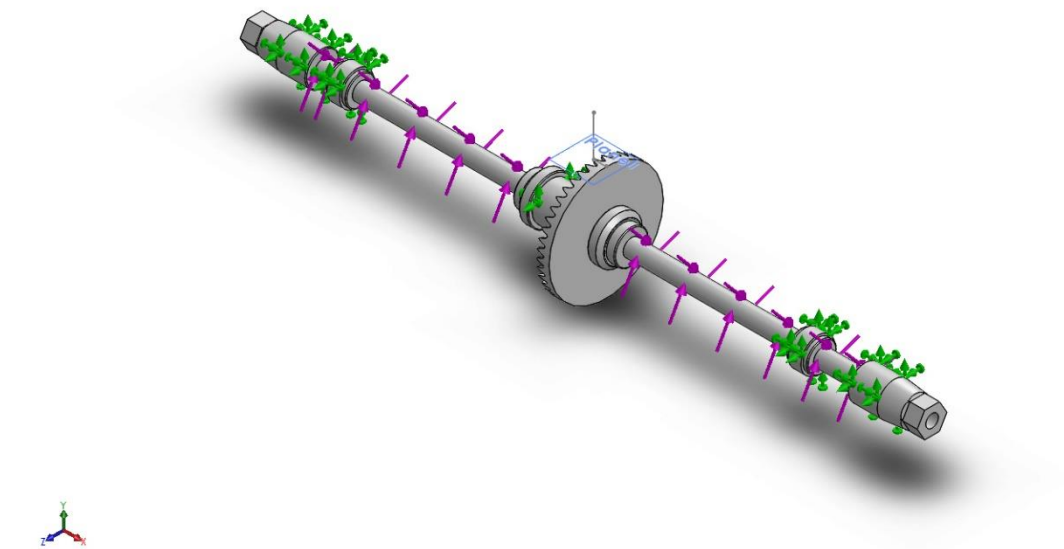


Рисунок 2.8 – Розподіл діючого навантаження на модель

На рис.2.8 показано:

- Фіолетовим – напрямок навантаження(кручення);
- Зеленим – фіксовані елементи (всі зубчасті колеса також фіксовані).

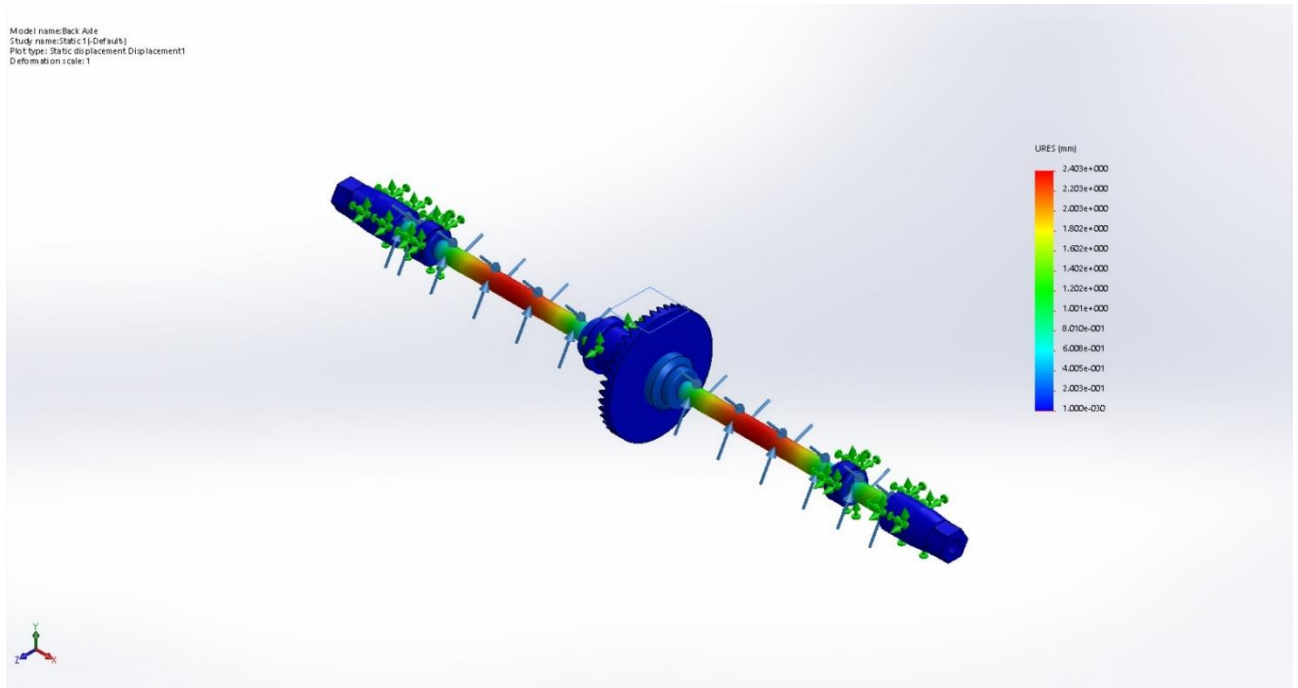


Рисунок 2.9 – Результат дослідження

Беручи до уваги результати проведених симуляцій (див. рис.2.6) і (див. рис.2.9) можна стверджувати, що дані елементи приводу повністю задовольняють поставлені умови роботи.

Вали переднього мосту (див.рис.2.10) використовуються тільки в інформативному плані, для проведення замірів поточної швидкості роботизованої платформи .

Параметри моделей:

- Маса: 0,0024 кг
- Вага: 0,023 Н
- Матеріал: Легована Сталь 300M, ABS Plastic

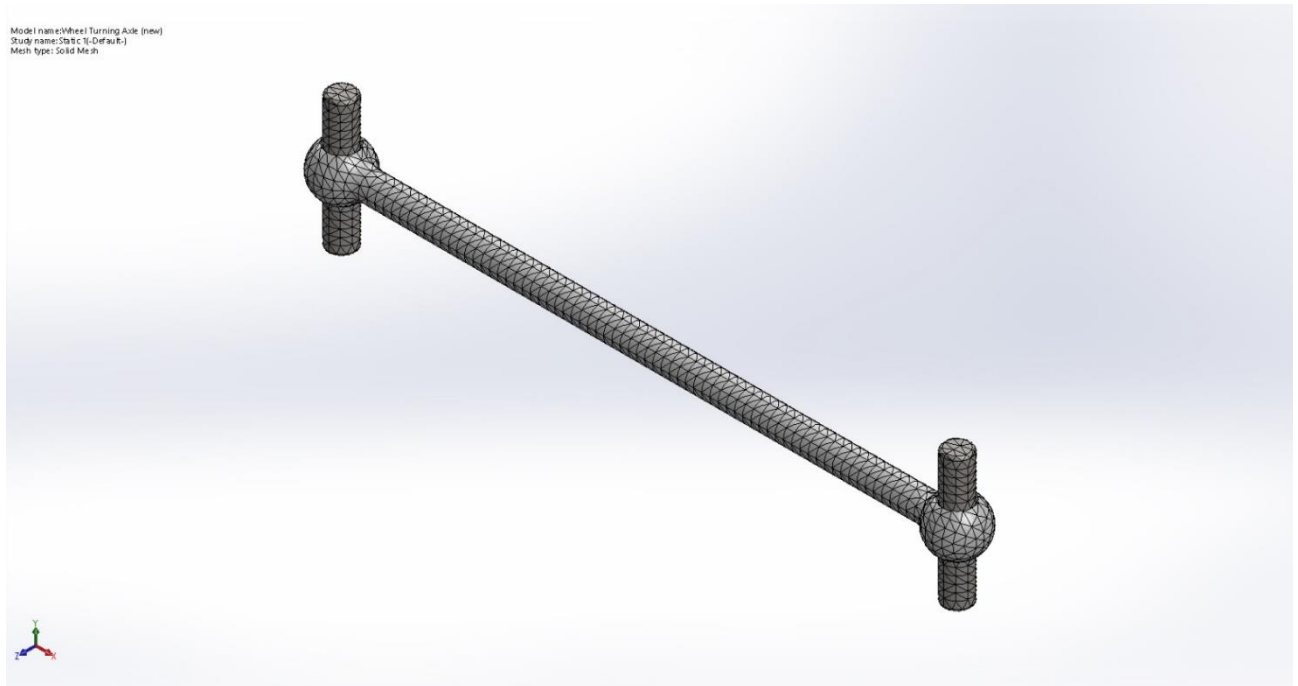


Рисунок 2.10 – Модель валу переднього моста

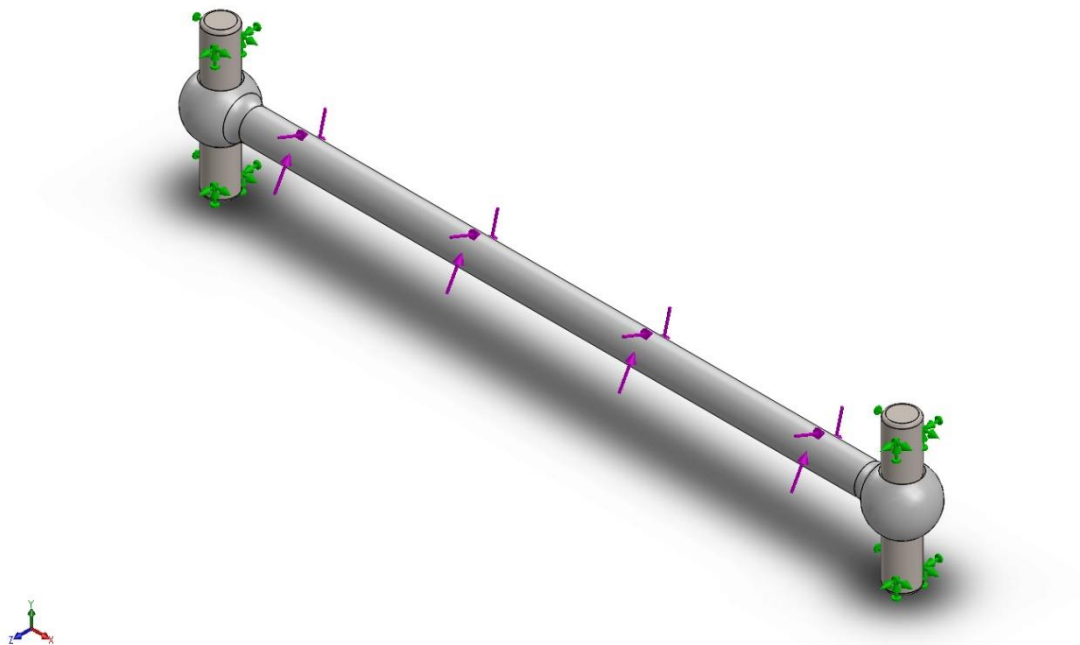


Рисунок 2.11 – Розподіл діючого навантаження на модель

На рис.2.11 показано:

- Фіолетовим – напрямок навантаження(кручення);
- Зеленим – фіксовані елементи.

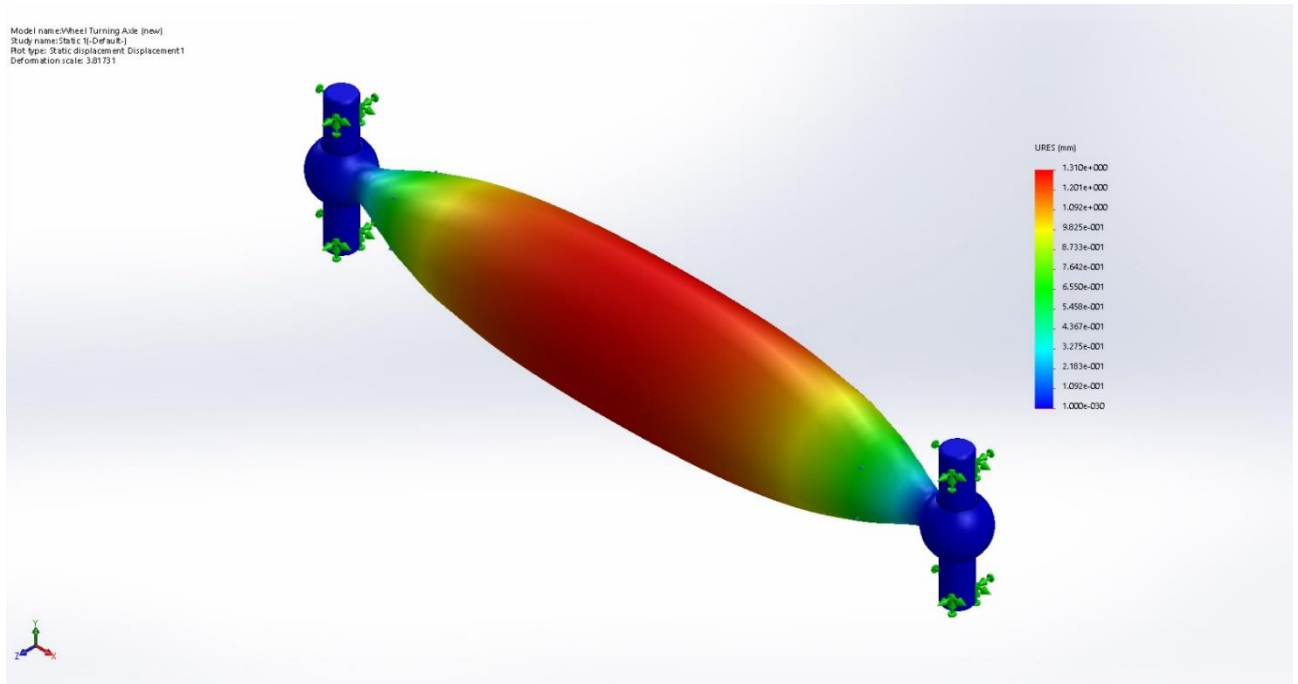


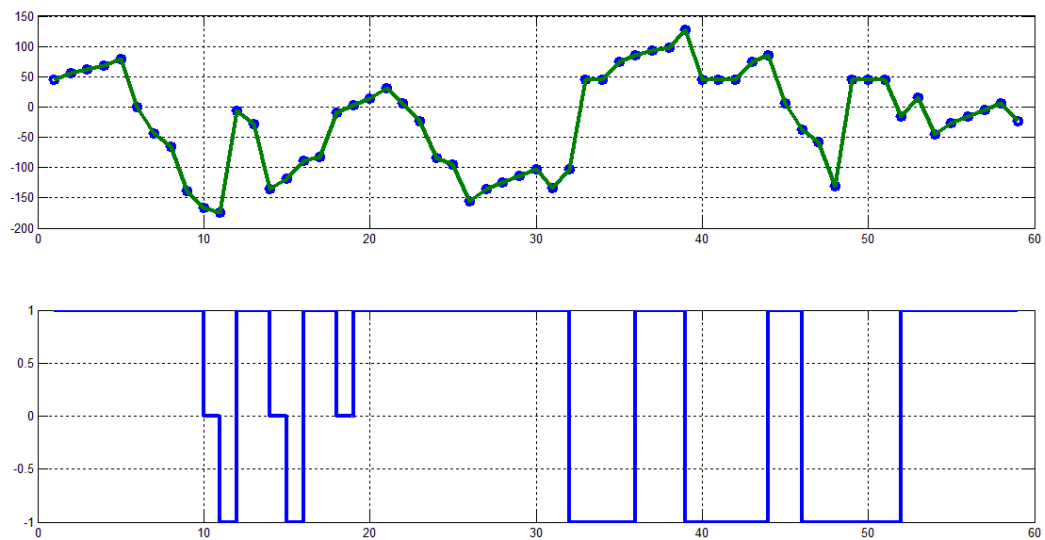
Рисунок 2.12 – Результат дослідження

Беручи до уваги результати проведених симуляцій (див. рис.2.12) можна стверджувати, що даний елемент приводу буде зазнавати велику деформацію при використанні його як основну рушійну силу. Але елемент підходить для вище зазначеного типу використання.

2.3 РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ В СЕРЕДОВІЩІ MATLAB

Далі приведено моделювання руху робота на певній ділянці за допомогою засобів MatLab (код програми Додаток А) і Simulink (креслення ДРМ 207.00.00.000 ПЗ1).

Моделювання руху, розрахунки і прийняття рішень здійснюється в середовищі MatLab, звідки керуюча дія передається безпосередньо на вхідні блоки моделі переміщення робота в Simulink. Керуюча дія (швидкість і кут повороту), з врахуванням інерційних особливостей моделі передається в середовищі MatLab, де отримані результати паралельно візуалізуються.



- кут на який буде здійснено поворот на досліджуваному етапі
- Рисунок 2.14 – Поточний напрямок руху (кут повороту), швидкість моделі

На рис.2.14 зображено кут на який при моделюванні буде здійснено поворот моделі.

Беручи графік швидкості, то від'ємний показник швидкості означає, що модель здійснює рух назад.

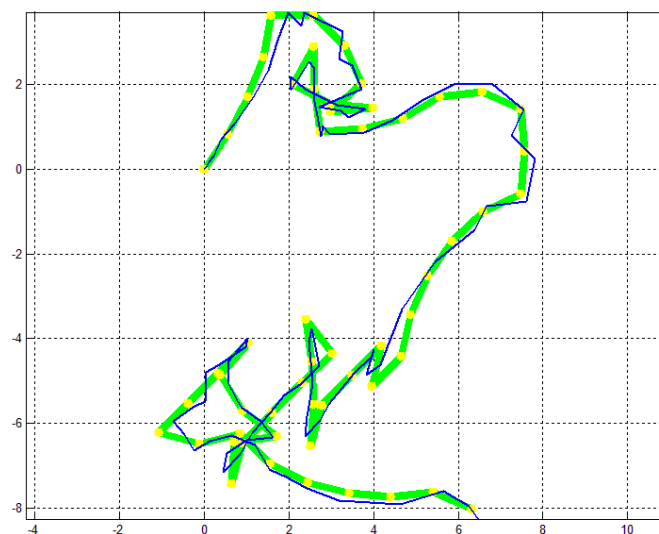


Рисунок 2.15 – Результат моделювання

На рис.2.15 зображено:

- Жовтий – поточний етап моделювання;
- Зелений – ідеальний (заданий) маршрут;
- Синій – реальний (змодельований) маршрут.

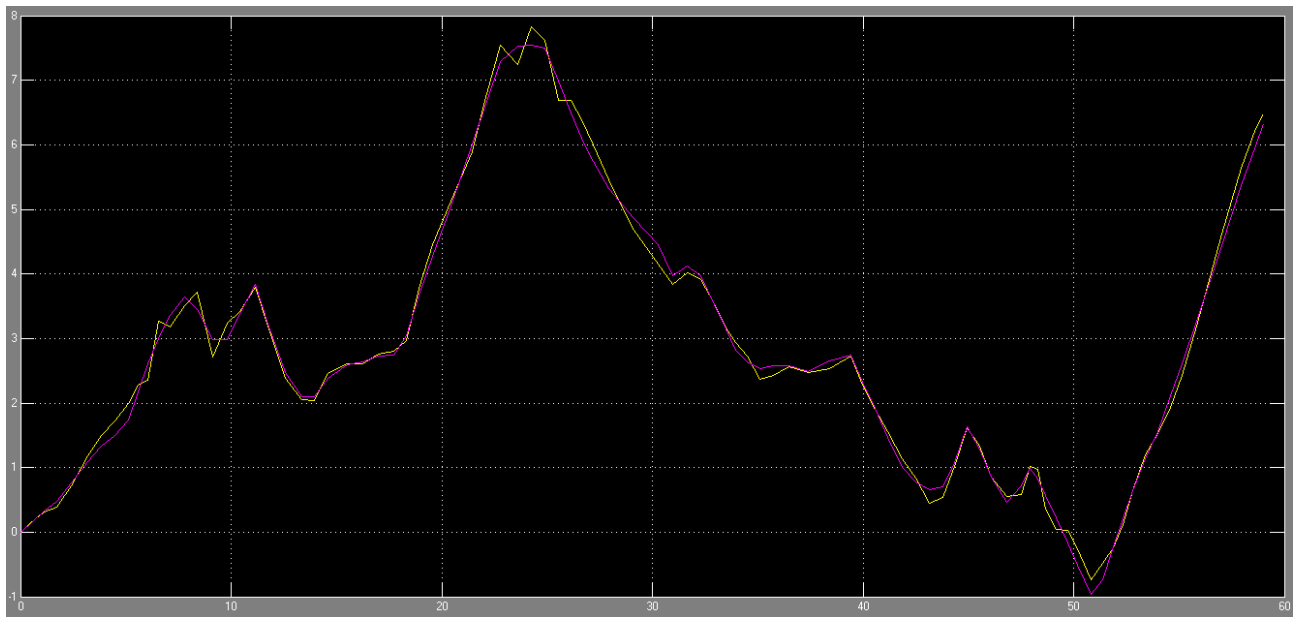


Рисунок 2.16 – Графік відхилення траєкторії по X

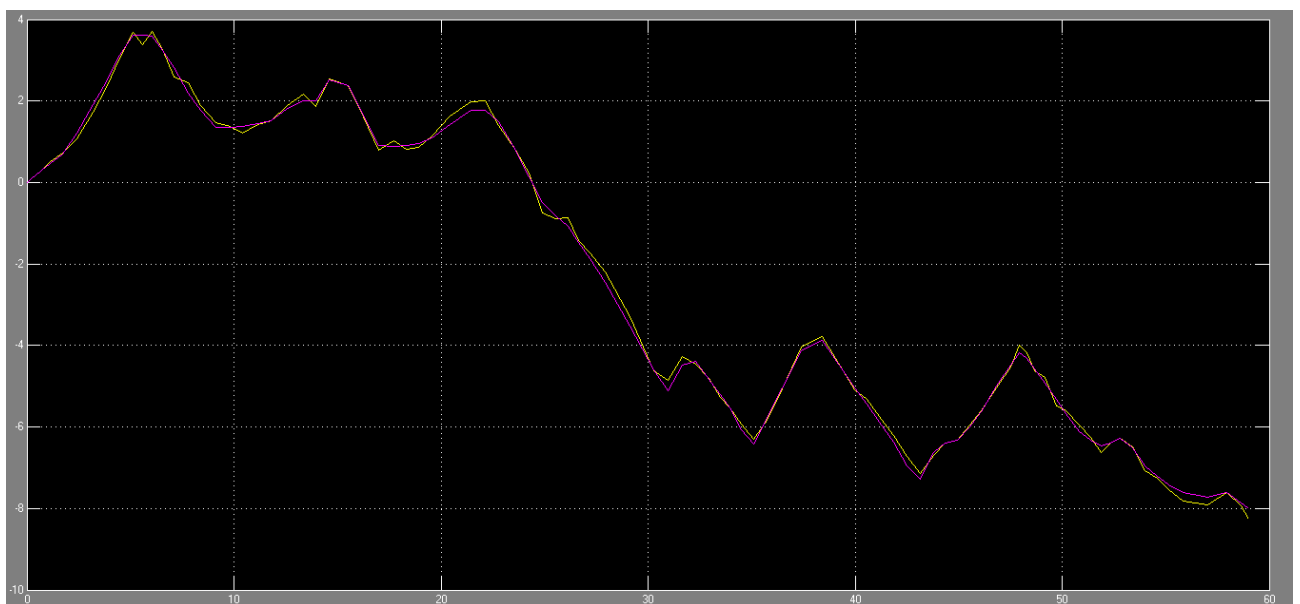


Рисунок 2.17 – Графік відхилення траєкторії по Y

На рис.2.16 і рис.2.17 зображено:

- Жовтий – реальна траєкторія;
- Рожевий – ідеальна (задана) траєкторія.

2.4 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Як зображено на рис.2.3 кріплення не пройшло тест на ударну міць в 50Н і тому було прийнято вдосконалити корпус добавленням ударостійкого бампера (див. рис.2.18).

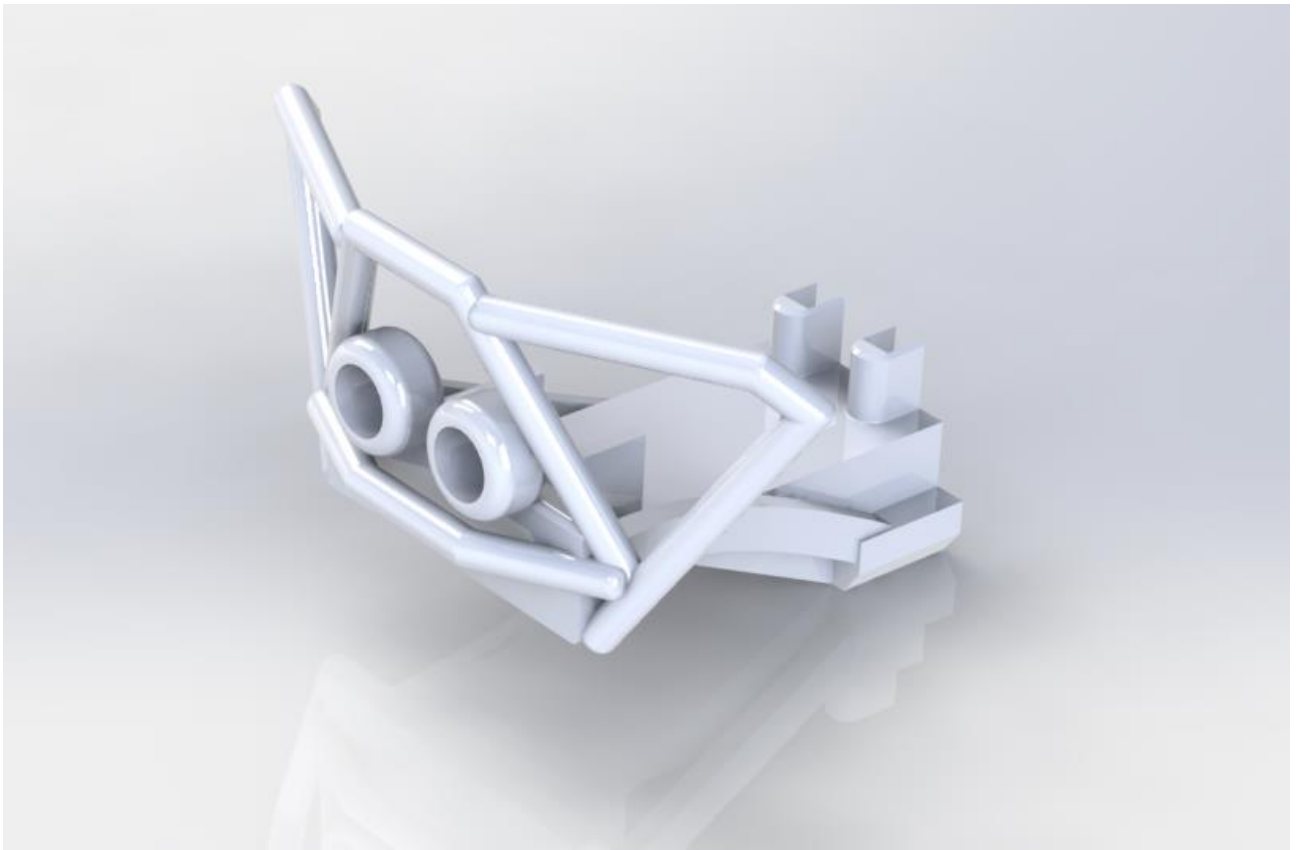


Рисунок 2.18 – Модель переднього бампера

Наступні моделі окрім валу переднього моста цілком витримують поставлене навантаження. Але оскільки вал переднього моста не бере безпосередню участь в передачі крутного моменту, тому дослідженням даної моделі можна знехтувати.

2.5 ВИСНОВКИ РОЗДІЛУ

Враховуючи отримані результати можна ствердити, що усі конструктивні деталі інформаційної системи роботизованої платформи мають достатній запас по міцності, особливо, враховуючи реальне навантаження.

Щодо алгоритму руху, то він не є ідеальним, але отримані результати моделювання знаходяться в межах допустимого. Оскільки промодельована модель траси являється надзвичайно складною і ймовірність відтворення цієї траси в реальному житті надзвичайно низька.

3 ЕЛЕКТРОНІКА, МІКРОПРОЦЕСОРНА ТЕХНІКА ТА САПР

3.1 РОЗРОБЛЕННЯ СТРУКТУРНОЇ, ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМ

Функціональна схема зображена на рис.3.1, що відображає основні функціональні процеси, які будуть проходити в інформаційній системі роботизованої платформи для переміщення у невизначеному просторі.

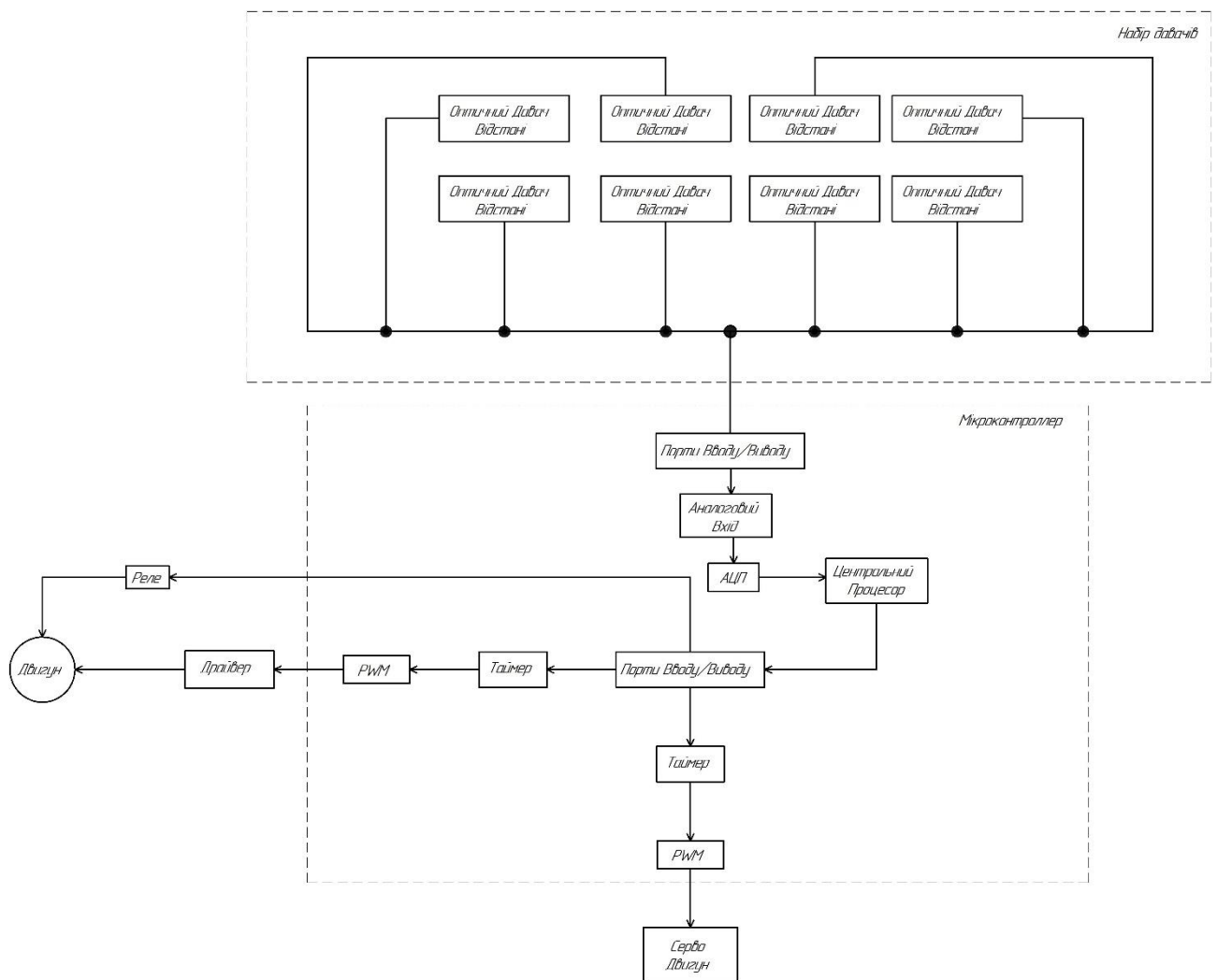


Рисунок 3.1 – Функціональна схема інформаційної системи

Даний блок керування розроблений для управління інформаційною системою роботизованої платформи для переміщення у невизначеному просторі.

Першою дією після ініціалізації компонентів являється опитування оптичних давачів відстані і опрацювання даних, які надійдуть з АЦП на контролер.

Наступним кроком буде визначення напрямку обертання двигуна постійного струму, в той ж час проходить виставлення позиції сервопривода. По завершенню цих операцій надсилається керуючий сигнал на двигун постійного струму, що призводить до його запуску.

В подальшому при здійсненні керування можлива зміна позиції сервопривода, керування як швидкістю так і напрямком обертання двигуна постійного струму.

3.1.1 Вибір типу давачів

З початком розвитку інформаційних технологій роботизовані системи почали набирати все більшої популярності через ряд явних переваг над людською працею, особливо у виробничих масштабах. Так звані роботизовані платформи отримали велике різноманіття виконавчих пристроїв, але найбільш гостре питання, яке стояло перед творцями цих платформ – це тип давачів, якими вони будуть керуватися. Тому в основу інформаційної системи лягло використання давачів, які б могли надавати дані про перешкоди в реальному часі. При виборі підходящого обладнання було використано приклади аналогів і їх порівняльна характеристика (див. Табл.3.1), а саме:

- Ультразвукові давачі відстані (Рис.3.2(а))
- Лазерні давачі відстані (Рис.3.2(б))
- Оптичні давачі відстані (Рис.3.2(в))
- Оптична камера (Рис.3.2(г))

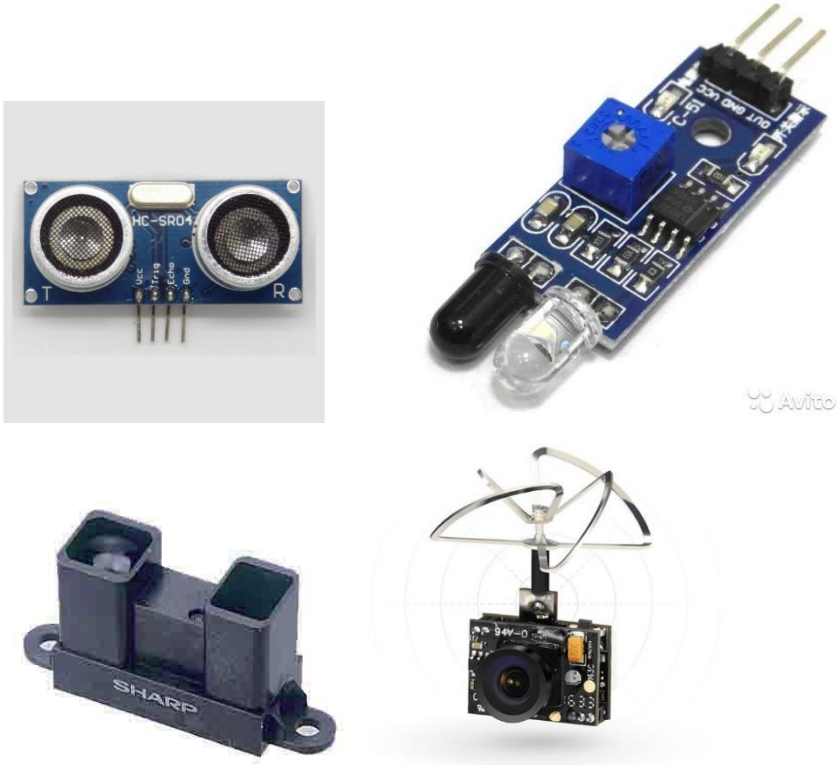


Рисунок 3.2 – Розглянуті датчики

Таблиця 3.1 – Порівняльна характеристика датчиків

Параметр	Ультразвуковий датчик відстані	Лазерний датчик відстані	Оптичний датчик відстані	Оптична камера
Кількість виводів	4	3	3	6
Передача даних	Цифрова	Цифрова	Аналогове	FPV приймач
Представлення даних	Різниця між часом відправки і прийому	Зміна логічного рівня при досягненні мінімальної відстані	Аналоговий рівень	Масиви цифрових даних
Ціна, грн	91	60	150	550

Після приведеного порівняння (див. Табл.3.1) було відсіяно перші два варіанта оскільки:

- Ультразвуковий давач не може забезпечити достатньої дальності вимірювання, і через його природу, цілеспрямованості вимірювання.
- Лазерний давач може забезпечити високу швидкодію і цілеспрямованість, але він передає тільки два значення «Логічний 0» і «Логічну 1».

Порівнюючи наступні давачі було обрано оптичний давач відстані, оскільки його конкурент Оптична камера має ряд недолік:

- Висока ціна
- Складність в опрацюванні даних
- Невелика ударостійкість

Оптичний давач відстані складається з трьох блоків (див. рис.3.2):

- Блок електроніки;
- ІЧ випромінювач;
- PSD.

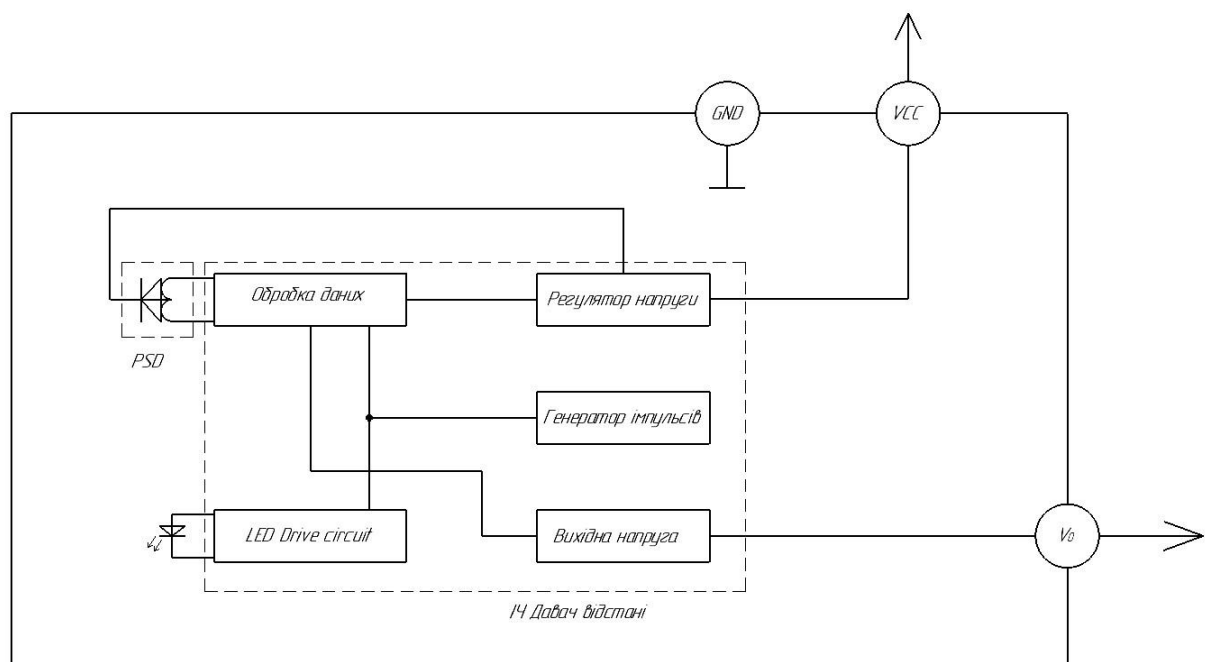


Рисунок 3.2 – Функціональна схема обраного типу давачів

Даний тип датчиків живиться від 4,5 до 5,5 В постійного струму (VCC). Після отримання всіма функціональними блоками напруги проходить здійснення вимірювання.

В основу вимірювань лягли фізичні закони оптики і світло-чутливий елемент (PSD). Принцип здійснення вимірювання зображено на рис.3.3.

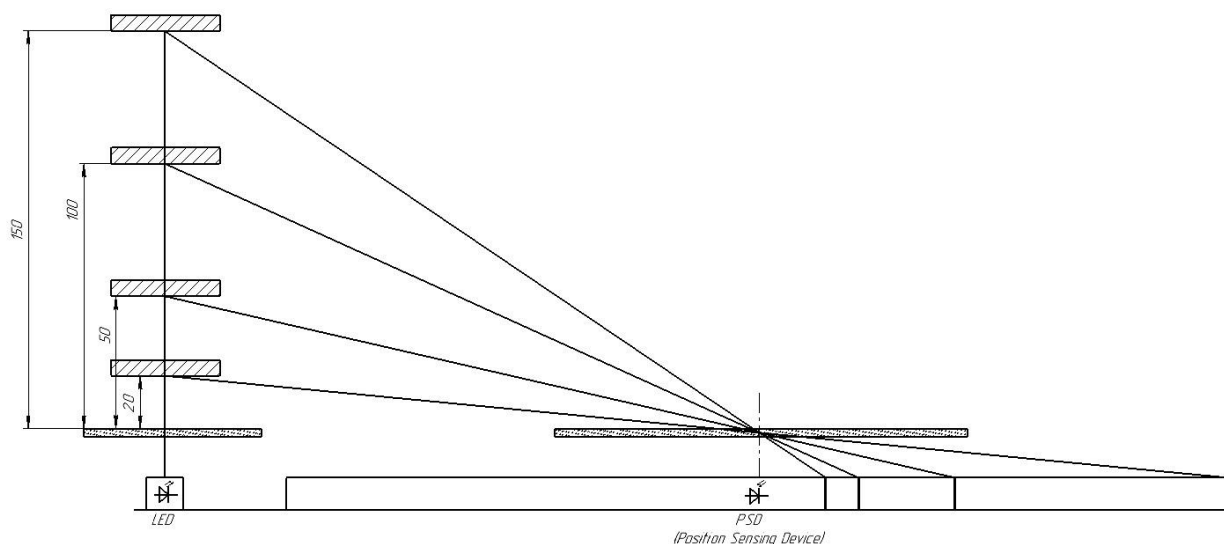


Рисунок 3.3 – Принцип здійснення вимірювання

А саме закон відбивання світла. Світлодіод направляє промінь на перешкоду від якої він відбивається і падає на PSD.

В залежності від місця падіння світлового променя на електродах PSD з'являється струм.

Будова PSD зображено на рис.3.4.

PIN-діод — різновид діоду, в якому нелегований напівпровідник (і-область) знаходиться між областями електронної (n) і діркової (p) провідності. р-та n-області, через омичний контакт з металом сильно легуються.

PIN-діод являється поганим випрямлячем, оскільки має широку нелеговану і-область, але з іншого боку це дозволяє використовувати у схемах послаблювачів сигналу, швидких перемикачах фотодетекторах, а також у високовольтній електроніці.

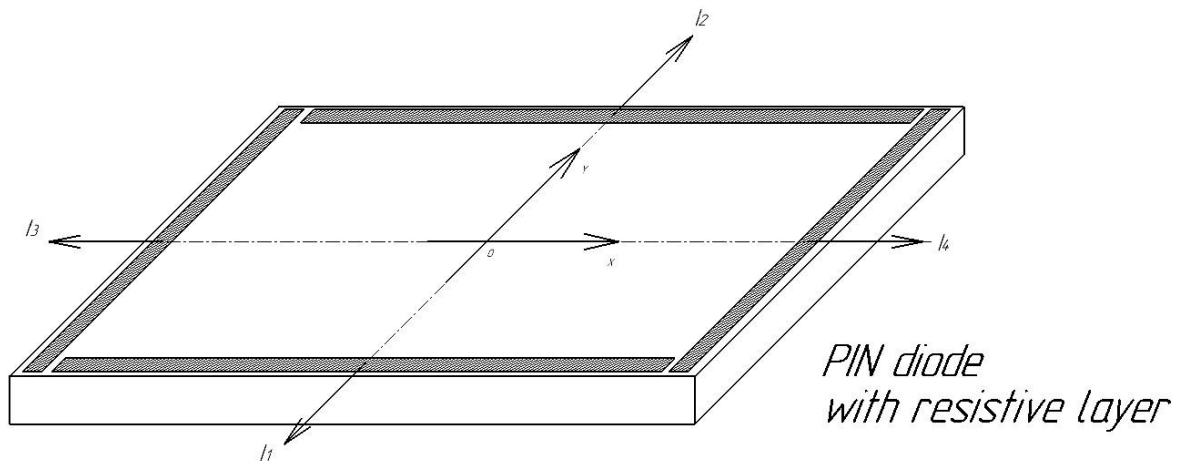


Рисунок 3.4 – Будова PSD

Далі блок обробки даних проводить визначення позиції світлового променя на поверхні за двома формулами (3.1) і (3.2):

$$x = k_x \frac{I_4 - I_3}{I_4 + I_3} \quad (3.1)$$

$$y = k_y \frac{I_2 - I_1}{I_2 + I_1} \quad (3.2)$$

де k_x , k_y – коефіцієнти масштабу;

I_1 , I_2 , I_3 , I_4 – струми на електродах.

Наступною операцією буде перетворення цих значень на напругу в блоці «Вихідна напруга» за наступною залежністю див.рис.3.5.

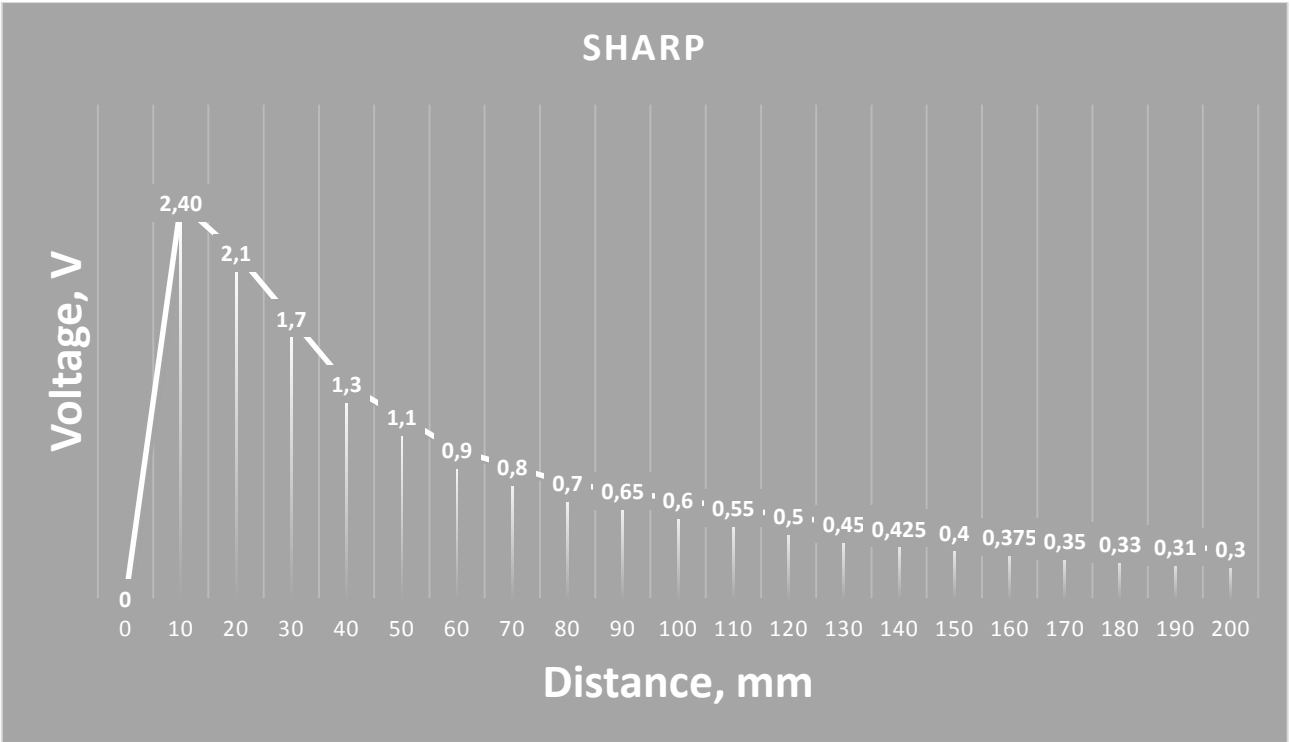


Рисунок 3.5 – Залежність напруги від відстані

3.1.2 Вибір мікроконтролера

Для того, щоб вибрати мікроконтролер, підрахуємо скільки потрібно виводів, щоб підключити усі елементи передбачені функціональною схемою.

Таблиця 3.2 – Кількість виводів мікроконтролера

Вузол	Кількість елементів	Кількість виводів	Загальна кількість
ШІМ крокового двигуна	1	1	1
Драйвера двигуна	1	2	2
Оптичний давач відстані	8	1	8
Програматор	1	2	2
Всього:			13

Контролер в собі повинен містити вузол ШІМ для керування двигунами, 12 бітне АЦП і достатню кількість аналогових входів.

Після розгляду поставлених вимог було визначено, що найдоцільніше буде використання контролера фірми STM, а саме STM32F103C8.

Контролера STM32F103C8 виграє відносно низькою ціною, високою швидкодією, великим обсягом внутрішньої пам'яті програм і оперативної пам'яті. Також використовуючи порівняння ціна-якість було визначено, що контролер даного сімейства STM32F103C8 повністю задовольняє необхідні умови поставлені нашим завданням.

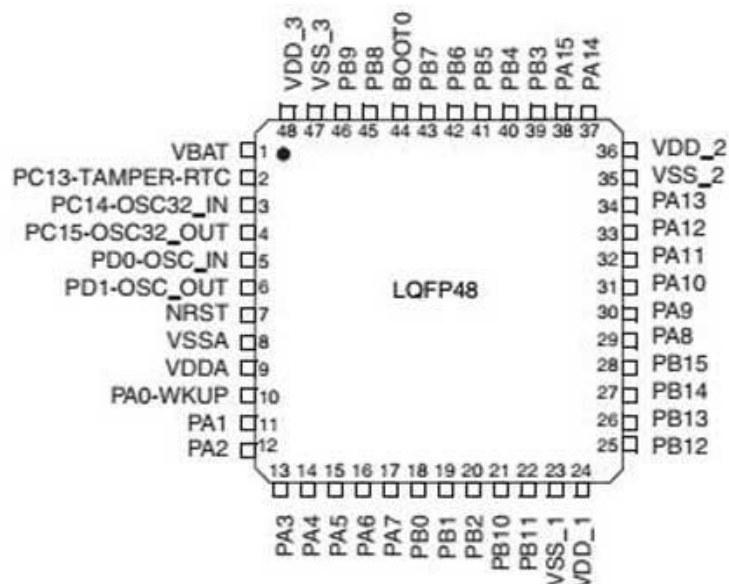
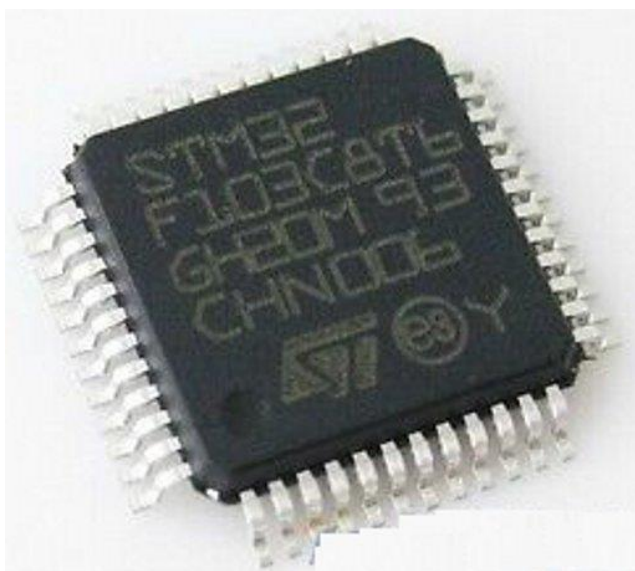


Рисунок 3.6 – Мікроконтролер STM32F103C8

До основних переваг можна віднести:

- Продуктивність в реальному часі - Система обробки подій спрощує взаємодію між периферійними пристроями, забезпечуючи мінімальну затримку часу відгуку. Передача даних та доступ до пам'яті (DMA) можуть мати всі периферійні пристрої, що дозволяє зменшити навантаження ЦП.
- PWM або Широтно-імпульсна модуляція — процес керування шириною (тривалістю) високочастотних імпульсів за законом, який

задає низькочастотний сигнал. В електроніці це може бути керування середнім значенням вихідної напруги шляхом зміни тривалості замкнутого стану електронного (електромеханічного) ключа, наприклад, у схемі ключового стабілізатора напруги.

- Підтримка утиліти STM32CubeMX - це графічний інструмент, що спрощує процес конфігурування мікроконтролерів STM32 і мікропроцесорів, а також генерувати відповідний код ініціалізації через покроковий процес.
- Два 12-бітних АЦП;
- Частота дискретизації від 0,05 до 1 МГц;
- Тактова частота АЦП від 0,6 до 14 МГц;
- Час калібрування 5,9 мкс (при тактовій частоті 14 МГц);
- Час вибірки від 0,107 до 17,1 мкс (при тактовій частоті 14 МГц);
- Час увімкнення живлення 1 мкс.

Але в подальшому було вирішено використовувати STM32F103C8 – MODUL (див.рис.1.6), який відрізняються:

- Легкістю монтування на плату;
- Великою доступністю в плані програмування;
- Наявністю подільника напруги;
- Наявністю 3.3 В стабілізатора напруги;
- Наявністю зовнішнього тактового генератора (кварц);
- Світлодіоди, які показують стан контролера.

3.2 РОЗРОБЛЕННЯ ПРИНЦИПОВОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СХЕМИ

3.2.1 Розрахунок похибок основних вузлів вимірювання

Визначимо сумарну похибку оптичних давачів відстані і АЦП контролера, до і після калібрування, якщо вихідний сигнал змінюється в межах $V_{\text{ref}} = 0.1 \text{ V}$, і при температурі в межах $\Delta T = 10 \text{ K}$, діапазон зміни відстані $\Delta L = 130 \text{ cm}$.

Всі результати будемо записувати в таблицю 3.3.

Таблиця 3.3 – Бюджет похибок вимірювального каналу

	ΔT	10	K	Похибка, %	Х-р зміни	Калібр.
	V_{ref}	0.1	V			
	L	130	cm			
	Оптичний давач відстані GP2Y0A02YK0F					
y_1	$\Delta V_{\text{out}} L=150\text{cm}$	0.3	V	75	Адитивна	+
y_2	$\Delta V_{\text{out}} L=20\text{cm}$	0.8	V	39	Адитивна	+
y_3	Вплив альbedo поверхні	0.04	V	10	Мульт.	-
	Оптичний давач відстані GP2Y0A51SK0F					
y_4	$\Delta V_{\text{out}} L=15\text{cm}$	0.3	V	75	Адитивна	+
y_5	$\Delta V_{\text{out}} L=2\text{cm}$	0.9	V	55	Адитивна	+
y_6	Вплив альbedo поверхні	0.04	V	10	Мульт.	-

Продовження Таблиці 3.3

				Похибка, %	Х-р зміни	Калібр.
	ADC STM32F103C8					
y_7	Resolution	12	bit	0,012	Нелін.	-
y_8	Integral Non – Linearity	2	LSB	0,05	Нелін.	+
y_9	Differential Non – Linearity	3	LSB	0,07	Нелін.	-
y_{10}	Gain Error	2	LSB	0,05	Мульт.	+
y_{11}	Offset Error	1	LSB	0,03	Адитивна	+
	Калібрування	1	mm	$1/(150-20)=0.8$		
	Калібрування	1	mm	$1/(15-20)=7.7$		
Y_S	Сумарна похибка без калібруванням			85,2		
Y_K	Сумарна похибка з калібруванням			10		

Оптичний давач відстані GP2Y0A02YK0F:

Формула для розрахунку адитивної похибки оптичного давача при максимальному замірі $L = 150$ cm (3.3), а при мінімальному замірі $L = 20$ cm (3.4):

$\Delta V_{out} L=150cm$

$$y_1 = \frac{U_{OUTMAX} - U_{OUTMIN}}{U_{OUTTYP}} * 100\% \quad (3.3)$$

$$y_1 = \frac{0.55 - 0.25}{0.4} * 100\% = 75\%$$

$\Delta V_{out} L=20\text{cm}$

$$y_2 = \frac{(\Delta U_{OUTMAX} + U_{OUTMAX}) - (\Delta U_{OUTMIN} + U_{OUTMIN})}{\Delta U_{OUTTYP}} * 100\% \quad (3.4)$$

$$y_2 = \frac{(2.3 + 0.55) - (1.8 + 0.25)}{2.05} * 100\% = 39\%$$

Оптичний давач відстані GP2Y0A51SK0F

Також і для цього давача лишаються справедливими наступні залежності (3.3) і (3.4) для визначення адитивних похибок, при максимальному і мінімальному замірах:

$\Delta V_{out} L=15\text{cm}$

$$y_4 = \frac{0.55 - 0.25}{0.4} * 100\% = 75\%$$

$\Delta V_{out} L=2\text{cm}$

$$y_5 = \frac{(1.95 + 0.55) - (1.35 + 0.25)}{1.65} * 100\% = 55\%$$

ADC STM32F103C8

Проведемо дослідження похибок АЦП мікроконтролера за наступною залежністю (3.5), оскільки в даному вузлі вимірювання є надзвичайно важливим достовірне перетворення аналогової величини в дискретну (цифрову), бо це може вплинути на результати керуючої дії.

$$y = \frac{LSB}{2^{bit}} * 100\% \quad (3.5)$$

де *bit* – роздільна здатність АЦП (в бітах);

LSB – молодший значущий розряд.

За допомогою формули (3.5) визначаємо похибку роздільної здатності АЦП:

$$y_7 = \frac{0.5}{2^{12}} * 100\% = 0.01\%$$

За формулою (3.5) визначаємо похибку інтегральної лінійності: максимальне відхилення від реального переходу та кінцевої точки лінії кореляції:

$$y_8 = \frac{2}{2^{12}} * 100\% = 0.05\%$$

За формулою (3.5) визначаємо похибку диференційної лінійності: максимальне відхилення між реальним кроком та ідеальним:

$$y_9 = \frac{3}{2^{12}} * 100\% = 0.07\%$$

За формулою (3.5) визначаємо похибку посилення: відхилення між останнім ідеальним та реальним переходами:

$$y_{10} = \frac{2}{2^{12}} * 100\% = 0.05\%$$

За формулою (3.5) визначаємо похибку зміщення: відхилення між першим реальним та ідеальним переходами:

$$y_{11} = \frac{1}{2^{12}} * 100\% = 0.03\%$$

Сумарна похибка без калібрування було визначать за формулою (3.6):

$$Y_S = \sqrt{\left(\sum_1^{11} y_i\right)^2} \quad (3.6)$$

$$Y_S = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^{11} y_i\right)^2} = 85.2\%$$

Використовуючи залежність (3.7) дізнаємось як впливає похибка на точність вимірювання:

$$\Delta L_S = Y_S * L \quad (3.7)$$

$$\Delta L_S = Y_S * L = 111 \text{ cm}$$

Дана величина є недопустимою, оскільки вона перевищує робочий діапазон вимірювань, тому потрібно за допомогою калібрування усунути похибки.

Сумарна похибка з калібруванням:

$$Y_K = \sqrt{(y_3 + y_6 + y_7 + y_9)^2} = 10\%$$

$$\Delta L_K = Y_K * L = 13 \text{ cm}$$

Отже величина похибки після калібрування складає 13 cm. Що забезпечує коректну роботу пристрою.

Нижче приведена розрахункова похибка вимірювання при використанні давачів після калібрування в середовищі математичного моделювання Mathcad. Підставляємо готові значення під залежність (3.8) для визначення розрахункового кута повороту:

$$\alpha(L, m) := \text{atan}\left(\frac{2m - L}{\sqrt{3}L}\right) \quad (3.8)$$

де L, m – покази давачів відстані

$$\alpha_1 := \alpha(150, 150) = 30^\circ$$

$$\alpha_2 := \alpha(150, 150 \cdot 1.1) = 34.715^\circ$$

$$\Delta\alpha := \alpha_2 - \alpha_1 = 4.715^\circ$$

$$\varepsilon\alpha := \frac{\Delta\alpha}{\alpha_1} = 15.717\%$$

$$\frac{d}{dm}\alpha(L, m) \rightarrow \frac{2 \cdot \sqrt{3}}{3 \cdot L \cdot \left[\frac{(L - 2 \cdot m)^2}{3 \cdot L^2} + 1 \right]}$$

$$d\alpha_m(L, m) := \frac{d}{dm}\alpha(L, m)$$

$$\frac{d}{dL}\alpha(L, m) \rightarrow -\frac{\frac{\sqrt{3}}{3 \cdot L} - \frac{\sqrt{3} \cdot (L - 2 \cdot m)}{3 \cdot L^2}}{\frac{(L - 2 \cdot m)^2}{3 \cdot L^2} + 1}$$

$$d\alpha_L(L, m) := \frac{d}{dL}\alpha(L, m)$$

$$\gamma(x) := 10\% \cdot \frac{x}{150} + 1\%$$

$$\alpha(50, 50) = 30^\circ$$

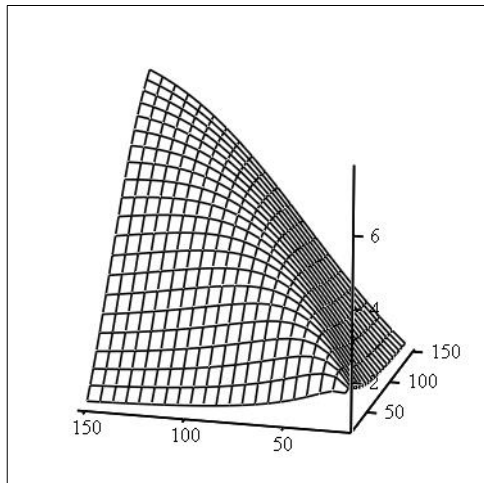
$$\Delta(x) := \gamma(x) \cdot x$$

Використовуючи залежність (3.9) знаходимо сумарну похибку виміру і переводимо її у градуси за формулою (3.10):

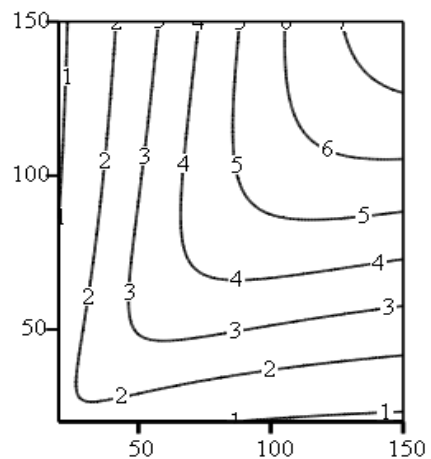
$$\Delta_\Sigma(L, m) := \sqrt{\left(\Delta(m) \cdot d\alpha_m(L, m)\right)^2 + \left(\Delta(L) \cdot d\alpha_L(L, m)\right)^2} \quad (3.9)$$

$$\Delta_{\Sigma p}(L, m) := \frac{\Delta_\Sigma(L, m)}{\circ} \quad (3.10)$$

$\Delta_\Sigma(150, 150) = 7.719^\circ$ – максимальна похибка вимірювання кута


 $\Delta.\Sigma p$

а)


 $\Delta.\Sigma p$

б)

Рисунок 3.7 – Залежність абсолютної похибки вимірювання кута α від відстаней L та m

Максимальна похибка вимірювання кута $\alpha = 7.7^\circ$

Враховуючи результати моделювання максимальна похибка вимірювання кута знаходиться в допустимій зоні.

3.2.2 Розробка схеми керування силовими пристроями

Живлення електронного блоку здійснюється за рахунок двох послідовно з'єднаних Li-ion акумуляторів загальною напругою $U_{ЖИВ} = 8,4 \text{ В}$. Що є великою напругою для живлення контролера і датчиків. Тому було прийнято рішення використовувати понижуючий перетворювач напруги. Які являються доволі простим і вигідним рішенням.

Понижуючий перетворювач напруги – це перетворювач, який застосовується для отримання меншого рівня стабілізованої напруги. Він містить ключовий транзистор, діод, фільтр і елемент навантаження. Перетворювач передає енергію невеликими порціями (імпульсами) від джерела живлення до навантаження. Хоча габарити порівняно з лінійним стабілізатором більші, але за

рахунок великого рівня пульсацій ці перетворювачі мають істотну перевагу - високий ККД. Тому їхнє використання в електричних вузлах є більш раціональним ніж аналоги.

Напруга U_H на виході регулюючого елемента є імпульсною. Для отримання на навантаженні постійної напруги, яка дорівнює середньому значенню вихідної напруги U_H , між регулюючим елементом і навантаженням включають згладжуючий фільтр. Найчастіше в імпульсних регуляторах використовують індуктивний фільтр.

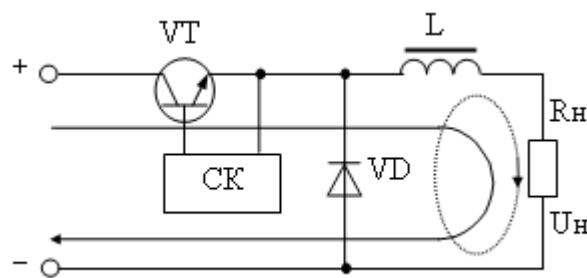


Рисунок 3.8 – Понижуючий перетворювач напруги з L-фільтром

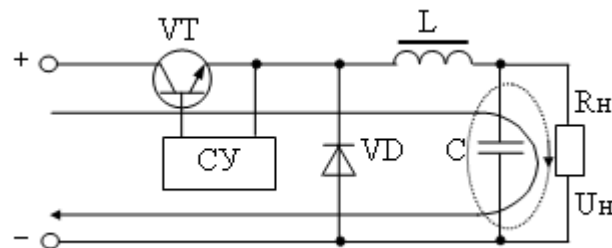


Рисунок 3.9 – Понижуючий перетворювач напруги з LC-фільтром

На відміну від звичайного L- (див. рис.3.8) чи LC-фільтра (див. рис.3.9), в даному випадку фільтр обов'язково доповнюється діодом VD, який називають зворотнім діодом. Цей діод пропускає струм дроселя L в ті інтервали часу, коли транзистор VT закритий (ключ розімкнутий). Коли система керування СК відкриває транзистор VT (ключ замикається), від джерела живлення U_d в навантаження R_H протікає струм по ланцюгу, позначеному безперервною стрілкою. У цей інтервал часу $0 \dots t_i$ діод VD закритий, струм зростає і в елементах фільтра L і C накопичується енергія. При закриванні транзистора (розмиканні ключа) навантаження R_H від'єднується від джерела живлення U_d і

струм в ньому підтримується за рахунок енергії, яка була накопичена в елементах фільтра. У цей інтервал часу $t_i \dots T$ конденсатор C розряджається через навантаження R_n . Струм дроселя L протікає через навантаження R_n і замикається через діод VD , який в цей час відкритий. Внаслідок цього енергія, яка була накопичена в дроселі, передається до навантаження.

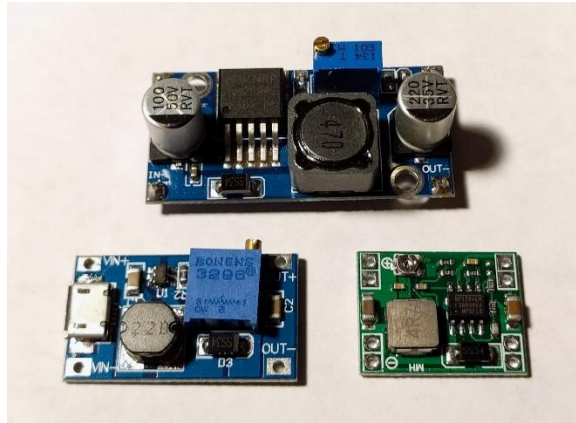


Рисунок 3.10– Приклад готового перетворювача на базі транзисторного ключа LM2596

Але для керування двигуном постійного струму використовується загальна напруга, але вона регулюється за допомогою драйвера і реле.

Тому схему керування можна умовно поділити на регулятор напруги (див.рис.3.11), і схема зміна напрямку обертання (див. рис.3.12).

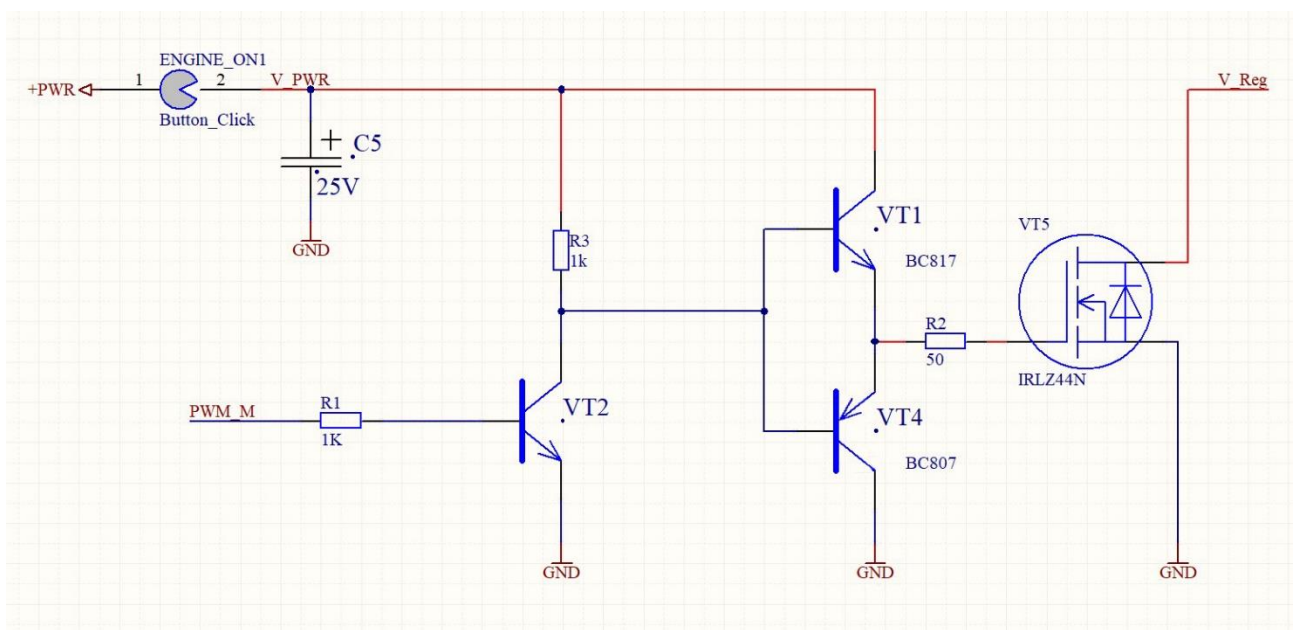


Рисунок 3.11 – Схема регулятора напруги

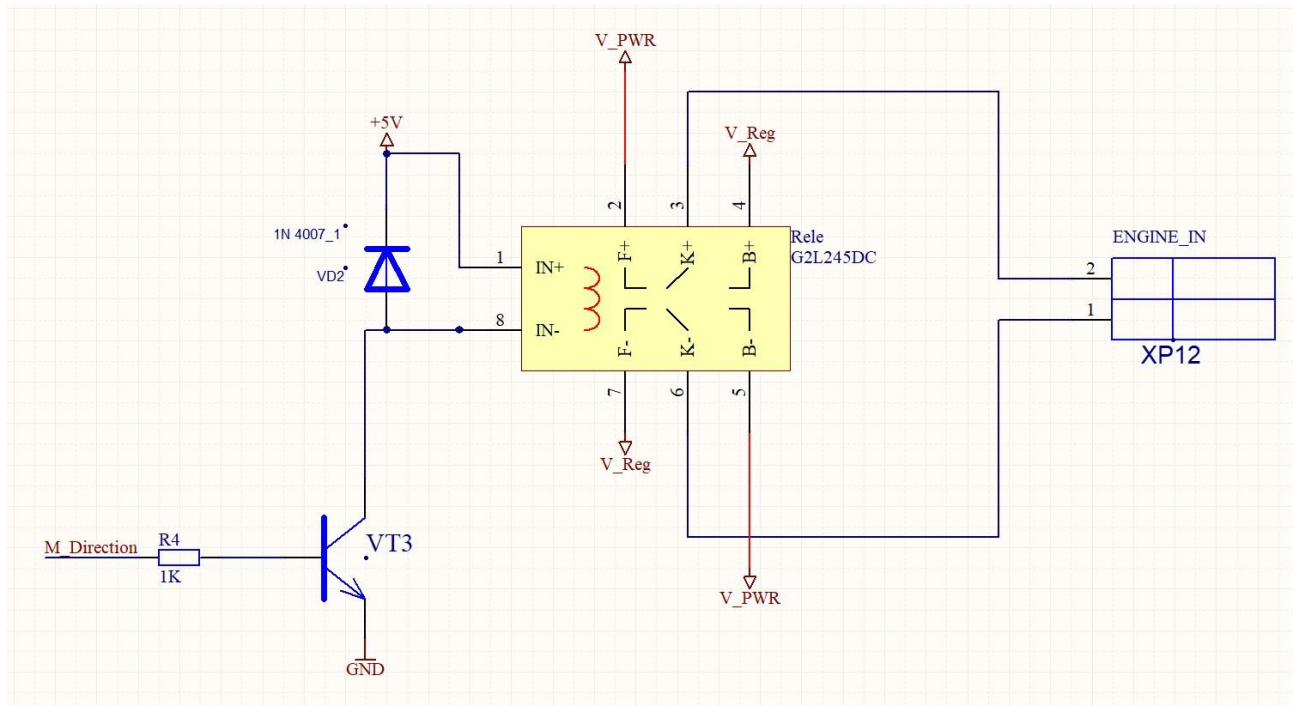


Рисунок 3.12 – Схема зміни напрямку обертання двигуна постійного струму

Отже, розглянемо принцип роботи даної схеми.

+PWR – лінія на якій постійно знаходиться загальна напруга $U_{ЖИВ} = 8,4 \text{ В}$, після натиску на кнопку *ENGINE_ON1*, ця напруга з'являється на лінії *V_PWR*, але процес регулювання ще не відбувається.

Наступним кроком є поява керуючого сингала на лінії *PWM_M* – це ШІМ сигнал з контролера на базу біполярного транзистора VT2 через обмежуючий резистор. Транзистор VT2 відкривається чим самим спричиняє відкривання VT1 і закривання VT4. Після чого на резисторі R2 з'являється керуючий струм, який відкриває MOSFET VT5. Чим самим замикаючи коло.

В наступний момент часу на лінії *PWM_M* логічний «0», тому транзистор VT2 закривається, VT1 – закривається, а VT4 – відкривається. Через що на резисторі R2 зникає позитивний заряд і VT5 закривається. Що спричиняє розрив кола двигуна постійного струму і його зупинку в даний момент часу.

І таким чином задаючи інтервал між імпульсами, в нашому випадку – рівень на лінії *PWM_M* можна керувати частотою обертання двигуна постійного струму.

Розглянемо принцип роботи схеми зміни напрямку обертання двигуна постійного струму.

Для цього було використано реле з двома контактними групами:

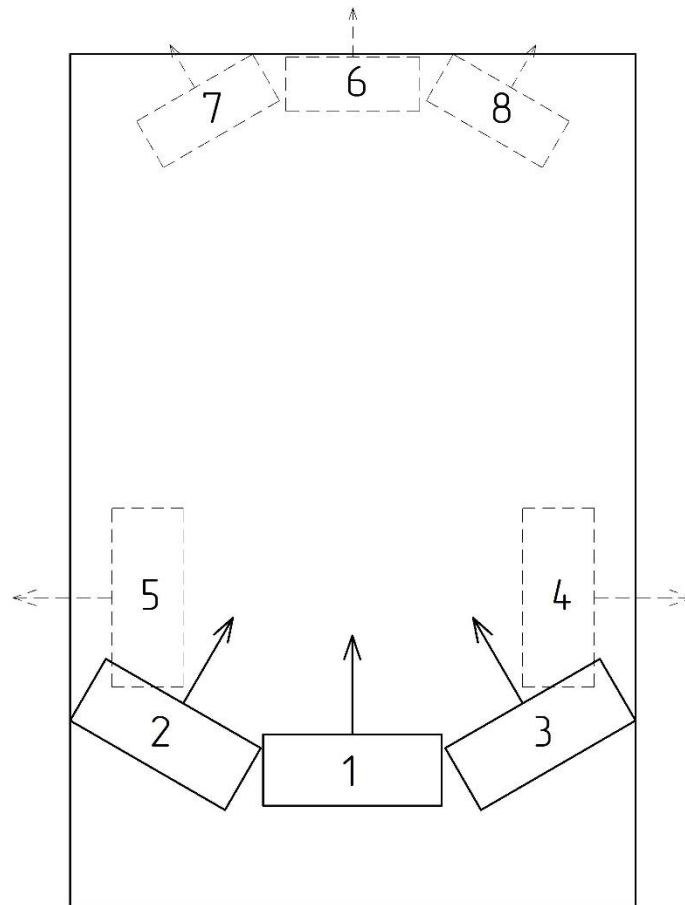
- Нормально замкнуті контакти
- Нормально розімкнуті контакти

Коли не потрібно змінювати напрям обертання то на лінії *M_Direction* логічний «0», тому транзистор VT3 закритий, виходячи з чого коло котушки не замкнута і реле не активне.

В іншому випадку на лінії *PWM_M* встановлюється логічна «1», що приводить реле у ввімкнений стан і проходить замикання іншої групи контактів.

3.3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ СПРОЕКТОВАНОГО ПРИСТРОЮ

Для подальшої роботи потрібно ознайомитись з схемою розміщення датчиків на рис.3.13.



де 6,7,8 – датчики ближньої дії;

1 – 5 – датчики дальньої дії;

Штрих пунктиром позначено датчики, які знаходяться під платою

Рисунок 3.13 – Схема розміщення датчиків

3.3.1 Загальний алгоритм роботи пристрою

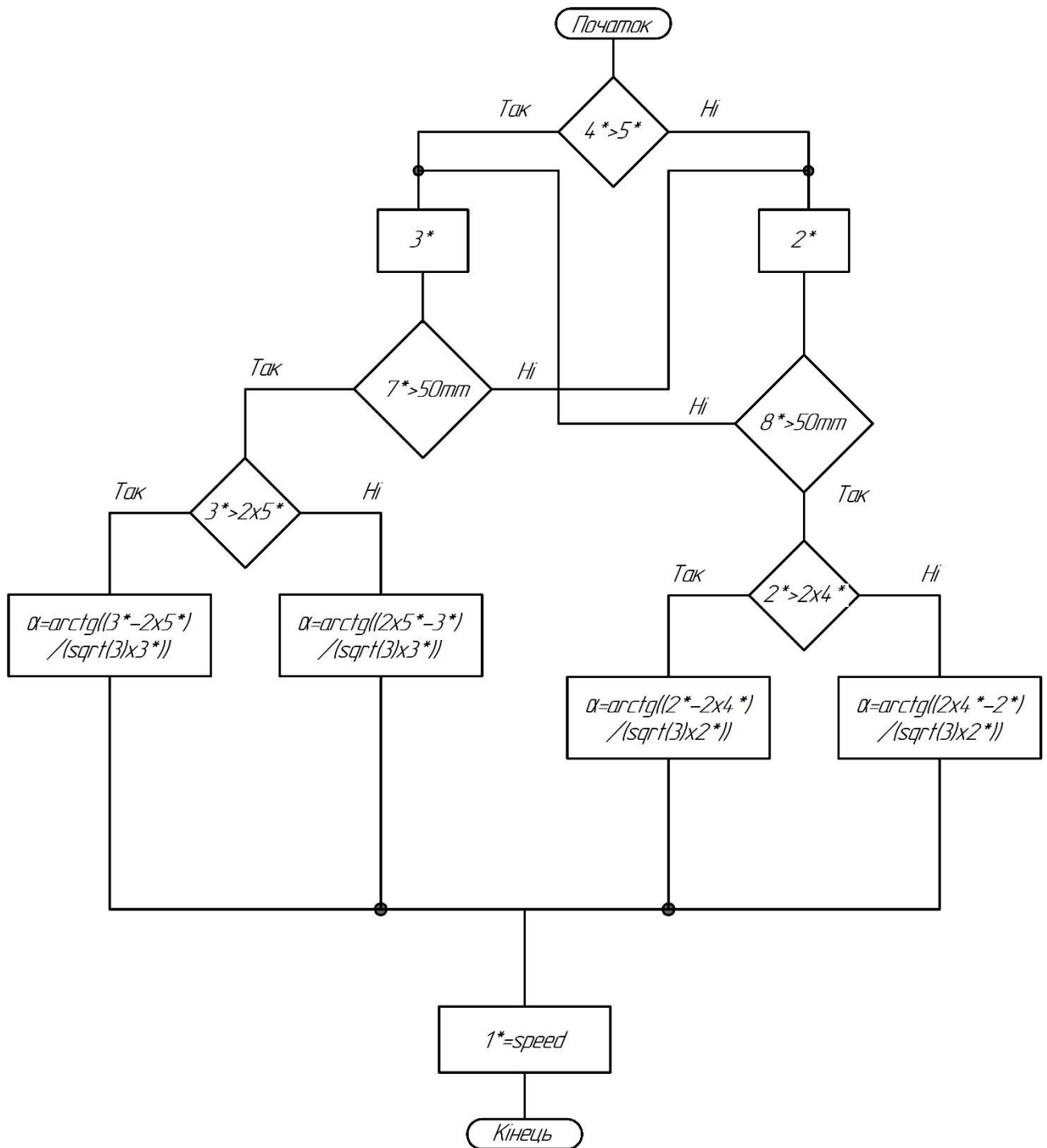


Рисунок 3.14 – Блок-схема алгоритму роботи

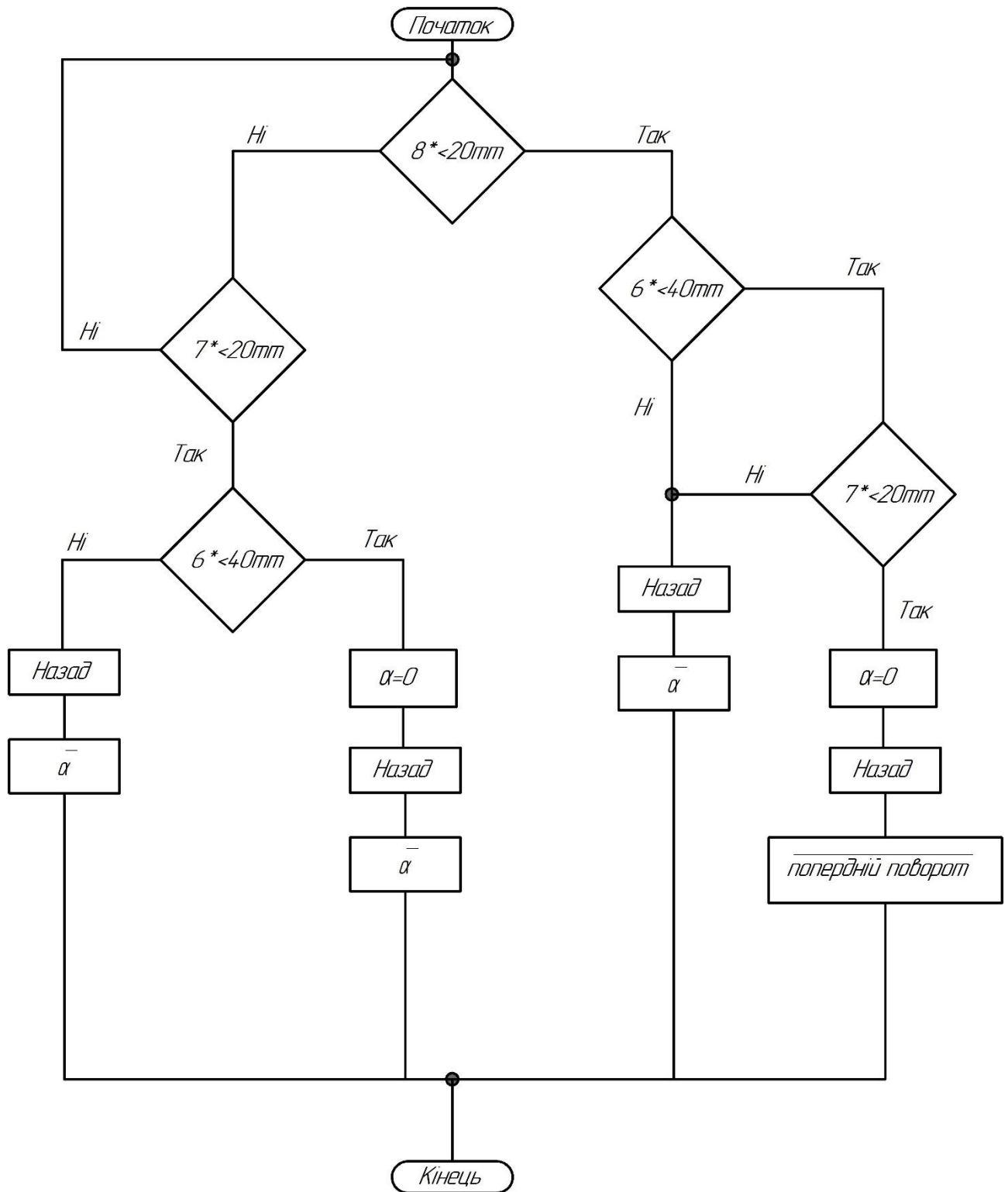


Рисунок 3.15 – Блок-схема алгоритму руху назад

На рис.3.14 зображено алгоритм роботи роботизованої платформи в звичайному режимі, а на рис.3.15 – зворотного ходу.

Послідовність роботи алгоритму наступна. При ввімкненні пристрою

проходить ініціалізація давачів, налаштування таймерів контролера, ШІМ, та переведення установки у робочий режим.

По завершенню ініціалізації проходить зчитування передніх давачів відстані, від показів яких визначаємо напрямок руху. При позитивному результаті (хоча б один з трьох давачів показав значення нижче граничного) проводимо зміну напрямку коліс і змінюємо напрямок обертання двигуна на реверсивне. Якщо при наступному заході дані все ще нижче граничного, в такому випадку змінюється тільки напрямок коліс.

Після зміни напрямку обертання двигуна на зворотній реверсивному проходить зчитування давача який розміщений перпендикулярно до площини задніх коліс. Після опрацювання його показів відбувається зміна кутової швидкості.

По встановленні фінальної швидкості проходить опитування решти давачів. Дані отримані з них проходять через алгоритм і на виході змінюється напрямок коліс.

Також важливим елементом даного алгоритму є робота з передніми давачами. При першому отриманні критичного значення проходить зміна напрямку руху. Але також в передніх давачів є критичний діапазон відстані, який сигналізує про близькість до перешкоди. Що дає можливість перевести керування на другу пару давачі.

Перевага такого способу – продовження руху по заданому маршруту, замість застосування лишніх дій (зміни напрямку руху), що призводить до значних часових витрат.

3.3.2 Алгоритм здійснення повороту

Здійснення повороту проходить за рахунок чотирьох оптичних давачів відстані розміщених під кутом в 60° по парно (див.рис.3.16)

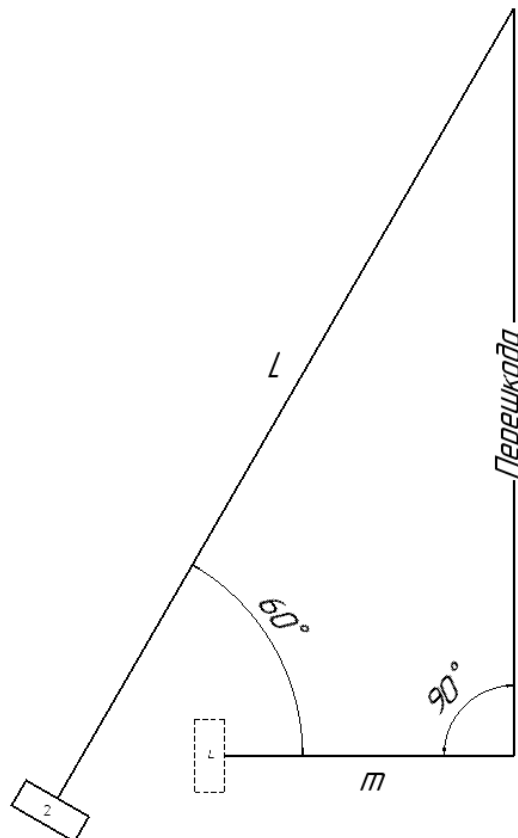


Рисунок 3.16 – Розміщення однієї пари давачів

Після отримання показів з двох пар давачів проходить їх опрацювання. А саме йде: першим кроком відбувається порівняння показів давачів, які розміщені перпендикулярно до ймовірної стіни. Подальші вимірювання проходять в залежності до сторони давач на якій показав найменший результат.

В подальшому для зручності оперування даними, покази давачів розміщених перпендикулярно до стіни позначмо буквою « m », а ті що під кутом « L ». Після визначення сторони опрацювання визначаємо на скільки роботизована платформа не паралельна до стіни. Для цього визначаємо

теоретичне за формулою (3.11) значення « L_T » і порівнюємо з реальним:

$$L_T = \frac{m}{\cos 60^\circ} = 2m \quad (3.11)$$

Якщо « L_T » > « L », то шуканий кут α визначається за формулою (3.12):

$$\alpha = \operatorname{atan} \frac{2m - L}{\sqrt{3}m} \quad (3.12)$$

Якщо « L_T » < « L », то шуканий кут α визначається за формулою (3.13):

$$\alpha = \operatorname{atan} \frac{L - 2m}{\sqrt{3}m} \quad (3.13)$$

Методика пошуку кута α заснована на законах тригонометрії і на рис.3.17 випадок коли « L_T » > « L », а на рис.3.18 « L_T » < « L ».

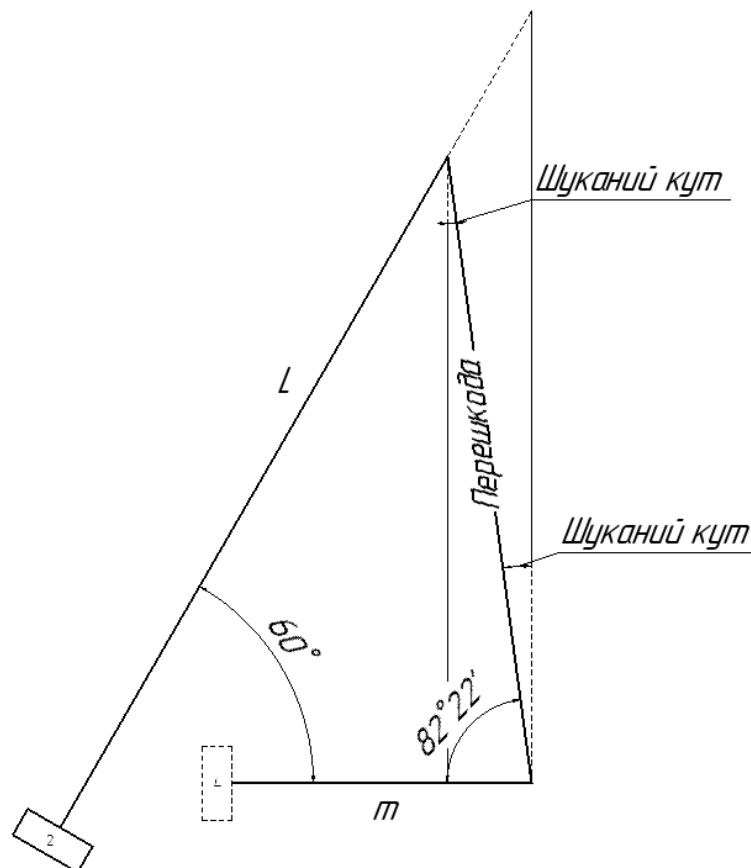


Рисунок 3.17 – Пошук кута α при « L_T » > « L »

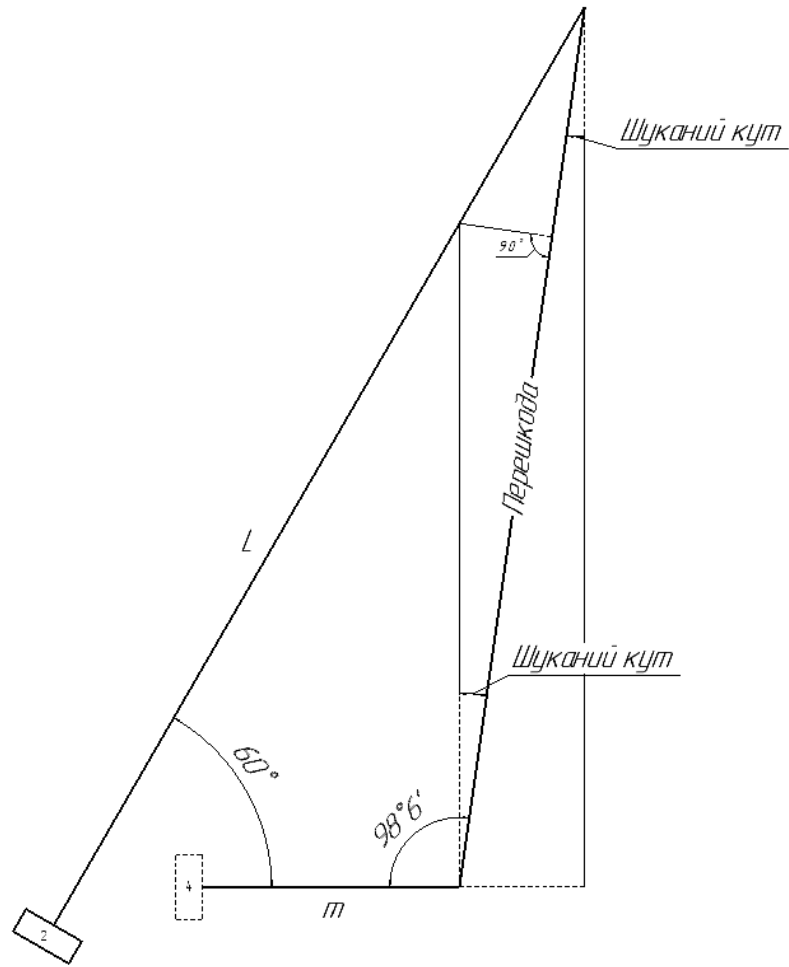


Рисунок 3.18 – Пошук кута α при « L_T » < « L »

3.3.3 Розроблення керуючих програм для мікроконтролера системи вимірювання та керування

Для спрощення процесу ініціалізації периферії контролера сімейства STM, було використано стандартну утиліту під назвою «STM32 CubeMX».

STM32CubeMX – це графічний інструмент, що дозволяє дуже легко конфігурувати мікроконтролери та мікропроцесори STM32, а також створити відповідний код ініціалізації на мові програмування «C» для ядра Arm® Cortex®-M або часткового дерева пристрою Linux® через покроковий процес.

Перший крок полягає у виборі мікроконтролера STM32 або мікропроцесора STMicroelectronics, який відповідає необхідному набору периферійних пристроїв.

Для мікропроцесорів другий крок дозволяє налаштувати GPIO та налаштування таймерів, а також тактової частоти для всієї системи та інтерактивно призначити периферійні пристрої.

Для мікроконтролерів та мікропроцесорів другий крок полягає в налаштуванні кожного необхідного вбудованого програмованого виходу, а також забезпечення автоматичного усунення конфлікту використовуваних портів, помічник з встановлення дерева таймерів, калькулятор енергоспоживання та утиліті, яка налаштовує периферійні пристрої (наприклад, GPIO або USART) і стеки середнього програмного забезпечення (наприклад, USB або TCP / IP).

Врешті-решт користувач запускає генерацію, яка відповідає обраним параметрам налаштування. Цей крок надає код на мові програмування «C» ініціалізації для мікроконтролера і робить його готовим до використання в декількох середовищах розробки.

Переваги CubeMX:

- Інтуїтивний вибір мікроконтролера STM32 та мікропроцесора
- Багатий та простий у користуванні графічний інтерфейс користувача,

що дозволяє конфігурувати мікроконтролер

- Автоматичне вирішення конфлікту
- Периферійні та проміжні програмні режими з динамічною валідацією обмежень параметрів для ядра
- Дерево таймерів з динамічною валідацією конфігурації
- Розрахунок режиму споживання
- Створення кодового проекту ініціалізації на мові програмування «С», сумісного з компіляторами IAR™, Keil® та GCC

На рис.3.16 зображено як за допомогою графічного інтерфейсу можна інтуїтивно поставити призначення тої чи іншої ніжки контролера, або вона автоматично виставиться після включення певного режиму (наприклад: таймер, АЦП, переривання).

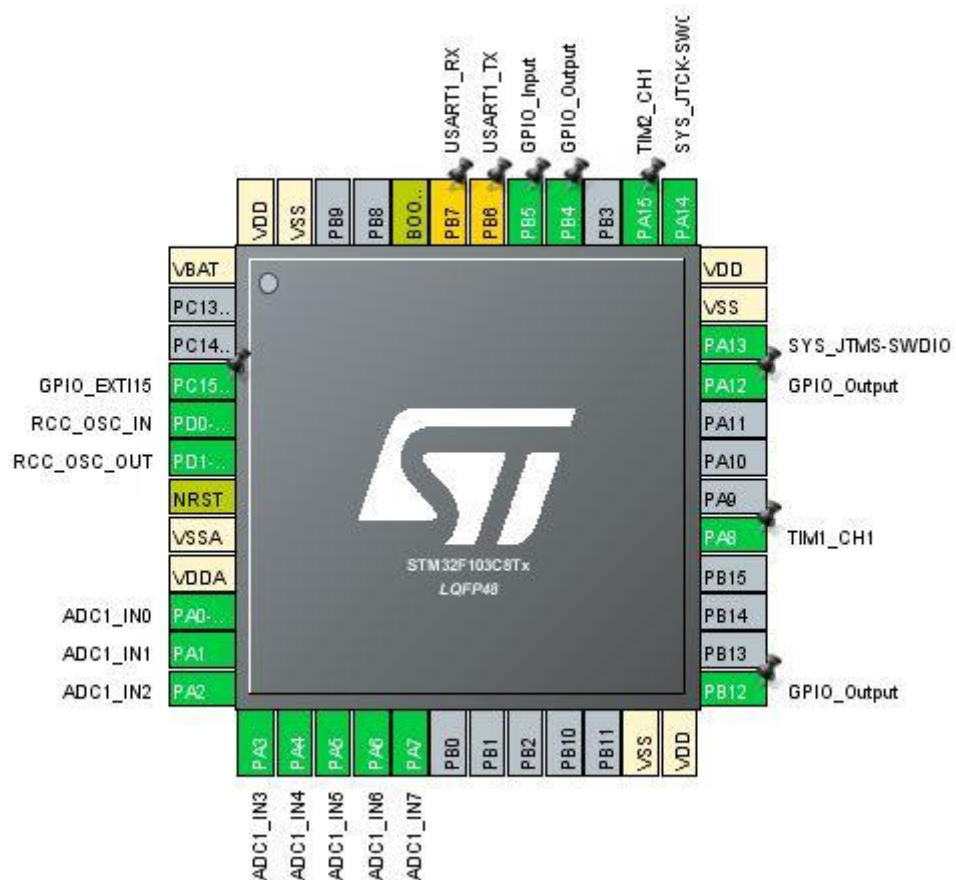


Рисунок 3.19 – Ініціалізація портів контролера в середовищі CubeMX

Також можна виставити тактову частоту роботи контролера (див.рис.3.20).

В нашому випадку збільшення частоти можливе за рахунок зовнішнього кварцу.

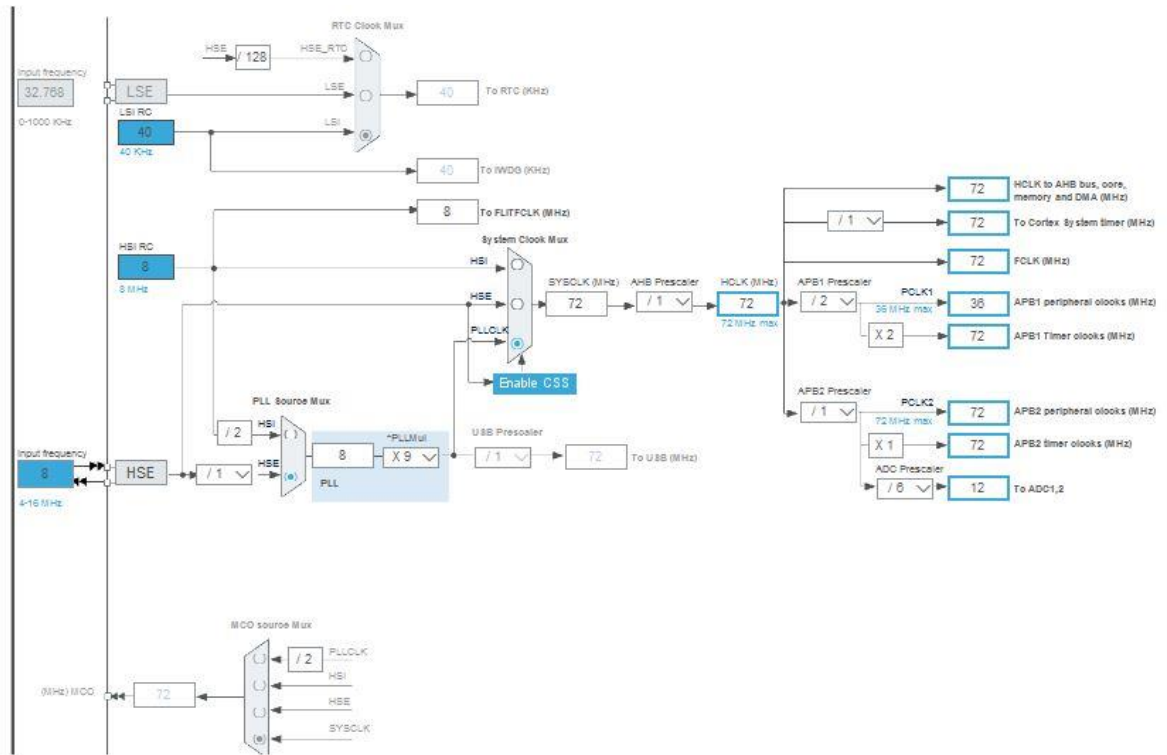


Рисунок 3.20 – Тактова частота системи

Саме ж програмне забезпечення було реалізовано використовуючи компілятор середовища програмного забезпечення «Keil».

Для коректної роботи оптичних давачів відстані було використано власноруч написану бібліотеку по переводу даних отриманих з виходу АЦП в метричні одиниці, а саме міліметри.

Код бібліотеки по роботі з оптичними давачами відстані

```
float temp = 0;
int Convert(uint32_t TMP_ADC, int pos)
{
    temp = (3.3 * TMP_ADC) / 4095;
    switch(pos)
    {
        case SHARP_SHORT_RIGHT:
            if(temp > 0.60)
            {
                return 51.3173*pow(temp, -1.2354);
            }
        }
    }
}
```

```

        }else
        {
            return 79.7973*pow(temp,-0.5574);
        }
    break;
case SHARP_SHORT_CENTER:
    if(temp > 0.60)
    {
        return 51.3173*pow(temp,-1.2354);
    }else
    {
        return 79.7973*pow(temp,-0.5574);
    }
    break;
case SHARP_SHORT_LEFT:
    if(temp > 0.60)
    {
        return 53.4476*pow(temp,-1.2481);
    }else
    {
        return 85.9004*pow(temp,-0.5231);
    }
    break;
case SHARP_LONG_LEFT:
    if(temp > 0.90)
    {
        return 568.0440*pow(temp,-1.2291);
    }else
    {
        return 607.3542*pow(temp,-0.7832);
    }
    break;
case SHARP_LONG_CENTER:
    if(temp > 0.90)
    {

```

```

        return 656.1557*pow(temp,-1.3466);
    }else
    {
        return 618.6936*pow(temp,-0.8441);
    }
    break;
case SHARP_LONG_RIGHT:
    if(temp > 0.90)
    {
        return 584.5701*pow(temp,-1.3495);
    }else
    {
        return 549.0501*pow(temp,-1.0063);
    }
    break;
case SHARP_LONG_LSIDE:
    if(temp > 0.95)
    {
        return 705.8244*pow(temp,-1.4376);
    }else
    {
        return 712.8517*pow(temp,-0.7064);
    }
    break;
case SHARP_LONG_RSIDE:
    if(temp > 0.95)
    {
        return 677.3936*pow(temp,-1.4951);
    }else
    {
        return 621.1784*pow(temp,-1.059);
    }
    break;

```

```

}

```

```
}
```

Як видно з програмного коду при обробці кожного давача використовуються по дві опорні формули, для двох діапазонів. Це зроблено через те що характеристика значень давачів впродовж робочого діапазону нелінійна і може тільки розкладатися в ряд Фур'є. Обробка якого може спричинити значну втрату часу і в результаті сповільнити час реагування на перешкоду. Тому було прийнято рішення – розбити криву на два проміжки, які можна описати доволі простими залежностями.

Для регулювання двигуна постійного струму – бібліотека з ПД регулятором.

Код Бібліотеки ПД регулятора

```
int16_t previous_error = 0;
uint16_t integral = 0;
int16_t error = 0;
uint16_t derivative = 0;
uint16_t setpoint = 0;
uint16_t measured_value = 0;
uint16_t dt = 1;
uint16_t Kp = 3;
uint16_t Ki = 0;
uint16_t Kd = 0;
int PID_(uint16_t tmp_setpoint, uint16_t tmp_measured_value)
{
    setpoint = tmp_setpoint;
    measured_value = tmp_measured_value;
    error = setpoint - measured_value;
    integral = integral + error * dt;
    derivative = (error - previous_error) / dt;
    previous_error = error;

    return Kp * error + Ki * integral + Kd * derivative;
}
```

В основному циклі програми реалізовано виклик основних керуючих функцій

```

while (1)
{
    /* USER CODE BEGIN 3 */
    if((HAL_GetTick() - short_time) > 500)
    {
        short_time = HAL_GetTick();
        IS_STOP = 0;
        Left_Short = Check(SHARP_SHORT_LEFT);
        Right_Short = Check(SHARP_SHORT_RIGHT);
        Center_Short = Check(SHARP_SHORT_CENTER);
        Check_FOR_Reverse();

        if(IS_STOP > 1)
        {
            Backwards_STOP++;
            Change_Direction(IS_STOP);
        }

        if(Backwards_STOP > 3)
        {
            Reverse = 0;
            IS_STOP = 0;
            Change_Direction(IS_STOP);
            Backwards_STOP = 0;
        }
    }

    Check_Time();

    if(Reverse == 0)

```

```

    {
        Left_Long = Check (SHARP_LONG_LEFT);
        Right_Long = Check (SHARP_LONG_RIGHT);
        LSide_Long = Check (SHARP_LONG_LSIDE);
        RSide_Long = Check (SHARP_LONG_RSIDE);

        Wheeling (Left_Long, Right_Long, LSide_Long, RSide_Long, 2);

        if (Center_Long < 1500)
        {
            Check_FOR_Turn (Left_Long, Right_Long, LSide_Long, RSide_Long);
        }
    }
}

```

При процесі опитування кожного давача відбувається фільтрування даних за рахунок цифрового фільтра. Робота якого базується на створенні серії замірів і знаходженні середнього значення, що суттєво полегшує роботу алгоритму. Оскільки при навіть невеликій похибці вимірювань можуть відбутися неправильне регулювання інформаційної системи роботизованої платформи.

Цифровий фільтр

```

int GetADCValue (uint32_t Channel)
{
    int val = 0;
    int Count = 5;
    ADC_ChannelConfTypeDef sConfig;
    sConfig.Channel=Channel;
    sConfig.Rank=ADC_REGULAR_RANK_1;
    sConfig.SamplingTime=ADC_SAMPLETIME_239CYCLES_5;
    MX_ADC1_Init( (uint8_t) Channel);
    HAL_ADC_Start(&hadc1);
    HAL_ADC_PollForConversion(&hadc1,100000);
    for(int i = 0; i < Count; i++)

```

```
{  
    val += HAL_ADC_GetValue(&hadc1);  
}  
return val / Count;  
}
```

Для більшої зручності в шапці програми було присвоєно назви давачів замість номера каналу АЦП, дані з якого приходять.

```
#define SHARP_LONG_LSIDE 6  
#define SHARP_LONG_RSIDE 7  
#define SHARP_LONG_LEFT 5  
#define SHARP_LONG_CENTER 4  
#define SHARP_LONG_RIGHT 3  
  
#define SHARP_SHORT_RIGHT 0  
#define SHARP_SHORT_CENTER 2  
#define SHARP_SHORT_LEFT 1
```

Весь код програми можна найти в Додатку Б.

4 ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Економічне обґрунтування дипломної роботи магістра є суттю даного розділу, оскільки, дозволяє встановити доцільність проведення науково-дослідних робіт і економічно обґрунтувати доцільність застосування тих чи інших засобів.

Метою магістерської роботи є розробка інформаційної системи роботизованої платформи для пересування у невизначеному просторі.

Для розробки інформаційної системи потрібно провести наступні економічні дослідження:

1. Визначення трудомісткості кожної технологічної операції;
2. Визначити суму витрат на оплату праці основного і допоміжного персоналу, включаючи відрахування на соціальні заходи;
3. Визначити суму матеріальних затрат;
4. Обчислити витрати на електроенергію для науково– виробничих цілей;
5. Нарахувати суму амортизаційних відрахувань;
6. Визначити суму накладних витрат;
7. Скласти кошторис та визначити собівартість НДР;
8. Розрахувати ціну НДР;
9. Визначити економічну ефективність та термін окупності продукту.

4.1 ВИЗНАЧЕННЯ СТАДІЙ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ТА ЗАГАЛЬНОЇ ТРИВАЛОСТІ ПРОВЕДЕННЯ НДР

Для оцінки тривалості виконання окремих робіт використовують нормативи часу або попередній досвід. До таких нормативів відносять тривалість написання операцій (команд), які в деяких підприємствах становлять: для одної операції від 30 хвилин до 1,6 годин та 8 годин для п'яти операцій (тривалість зміни).

У разі їх відсутності звертаються до експертних оцінок по встановленню тривалості кожного етапу (стадії):

при трьох оцінках визначають за формулою (4.1):

$$T_{BC} = \frac{(t_{min} + 4t_{н.й.} + t_{max})}{6} \quad (4.1)$$

при двох оцінках визначають за формулою (4.2):

$$T_{BC} = \frac{(3t_{min} + 2t_{max})}{5} \quad (4.2)$$

де T_{bc} – очікуване (середнє) значення тривалості виконання етапу (стадії);

t_{min} , $t_{н.й.}$, t_{max} – відповідно мінімальна, найбільш імовірна і максимальна оцінки тривалості виконання етапу (стадії).

Розробку даної інформаційної системи можна поділити на такі етапи:

- Постановка задачі;
- Проведення огляд публікацій авторів, які займались питанням систем роботизованої платформи для здійснення переміщень і їх опрацювання;
- Прийняття рішень щодо вибору оптимального шляху розв'язання поставленої задачі;
- Аналіз математичної моделі інформаційної системи;
- Розробка алгоритму програми інформаційної системи;
- Розробка 3D моделей для роботизованої платформи;
- Налаштування та тестування готової моделі;
- Написання і оформлення документації (електронної та паперової).

Для визначення загальної тривалості проведення НДР доцільно дані витрат часу по окремих операціях технологічного процесу звести у таблицю

Витрати часу наукового керівника на виконання окремих стадій (етапів) при недостатній кількості інформації доцільно приймати в межах 5% сумарних

витрат часу інженерів на виконання цих стадій (етапів). Середній час виконання етапу показано в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Основні етапи і час їх виконання у НДР

№ п/п	Етап	Середній час виконання етапу, год.	
		Інженер	Керівник
1	Постановка задачі	2	1
2	Проведення огляд публікацій авторів, які займались питанням систем роботизованої платформи для здійснення переміщень і їх опрацювання	20	8
3	Прийняття рішень щодо вибору оптимального шляху розв'язання поставленої задачі;	5	2
4	Аналіз математичної моделі інформаційної системи	1	1
5	Розробка алгоритму програми інформаційної системи	50	15
6	Розробка 3D моделей для роботизованої платформи	30	8
7	Налаштування та тестування готової моделі	5	2
8	Написання і оформлення документації (електронної та паперової)	15	4
Разом		128	41

Отже, сумарний час виконання операцій технологічного процесу інженером становить 128 годин, керівником – 41 годин.

4.2 ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТ НА ОПЛАТУ ПРАЦІ ТА ОПЛАТУ ВІДРАХУВАНЬ НА СОЦІАЛЬНІ ЗАХОДИ

Заробітна плата — винагорода, обчислена, зазвичай, у грошовому виразі, яку за трудовим договором власник або уповноважений ним орган виплачує працівникові за виконану ним роботу. Розмір зарплати залежить від складності та умов виконуваної роботи, професійно – ділових якостей працівника, результатів його праці та господарської діяльності підприємства. Заробітна плата складається з основної та додаткової оплати праці.

Основна заробітна плата нараховується на виконану роботу за тарифними ставками, відрядними розцінками чи посадовими окладами і не залежить від результатів господарської діяльності підприємства.

Додаткова заробітна плата – це складова заробітної плати працівників, до якої включають витрати на оплату праці, не пов'язані з виплатами за фактично відпрацьований час. Нараховують додаткову заробітну плату залежно від досягнутих і запланованих показників, умов виробництва, кваліфікації виконавців. Джерелом додаткової оплати праці є фонд матеріального стимулювання, який створюється за рахунок прибутку.

Основна заробітна плата складається із прямої заробітної плати та доплати, яка при укрупнених розрахунках становить 25% – 35% від прямої заробітної плати. При розрахунку заробітної плати кількість робочих днів в місяці слід приймати – 25,4 дні/міс., що відповідає 203,2 год./міс. Розмір місячних окладів керівника та інженерів слід приймати згідно існуючих на даний час норм. Основна заробітна плата розраховується за формулою (4.3):

$$Z_{\text{осн}} = T_c * K_r \quad (4.3)$$

де T_c – тарифна ставка, грн.;

K_r - кількість відпрацьованих годин.

Посадові оклади (тарифні ставки) за розрядами Єдиної тарифної сітки визначаються шляхом множення окладу (ставки) працівника 1 тарифного розряду на відповідний тарифний коефіцієнт. У разі коли посадовий оклад (тарифна ставка) визначені у гривнях з копійками, цифри до 0,5 відкидаються, від 0,5 і вище – заокруглюються до однієї гривні.

З 1 січня 2019 року в Україні мінімальна заробітна плата: у місячному розмірі 1 січня – 4173 гривні; у погодинному розмірі – 25,13 гривні. Приймемо 65 грн. для інженера, для керівника — 81 грн.

Тарифні ставки: керівник проекту – 81 грн./год., інженер – 65 грн./год.

Тоді скориставшись формулою (4.3) розрахуємо основну заробітну плату для інженера та керівника проекту.

Керівник проекту:

$$З_{осн} = 81 * 41 = 3321 \text{ грн}$$

Інженер:

$$З_{осн} = 65 * 128 = 8320 \text{ грн}$$

Додаткова заробітна плата визначається за формулою (4.4) і становить 10–15% від суми основної заробітної плати:

$$З_{дод} = З_{осн} * K_{допл} \quad (4.4)$$

де $K_{допл}$ – коефіцієнт додаткових виплат працівникам 0,1.

Керівник проекту:

$$З_{дод} = 3321 * 0,1 = 332 \text{ грн}$$

Інженер:

$$З_{дод} = 8320 * 0,1 = 832 \text{ грн}$$

Звідси загальні витрати на оплату праці ($B_{оп}$) визначаються за формулою (4.5), і становлять:

$$B_{оп} = З_{осн} + З_{дод} \quad (4.5)$$

Керівник проекту:

$$B_{\text{оп}} = 3321 + 332 = 3653 \text{ грн}$$

Інженер:

$$B_{\text{оп}} = 8320 + 832 = 9152 \text{ грн}$$

Таким чином загальна сума становить *12805 грн*. Крім того слід визначити відрахування на соціальні заходи:

- Податок на доходи фізичних осіб: 18%;
- Військовий збір 1,5%;
- Єдиний соціальний внесок 22%.

У сумі зазначені відрахування становлять 41,5%.

Отже, загальна сума відрахувань на соціальні заходи становитиме (4.6):

$$B_{\text{с.з.}} = \text{ФОП} * 0,415 \quad (4.6)$$

де *ФОП* – фонд оплати праці в гривнях.

Тоді, сума відрахувань на соціальні заходи буде визначатися за формулою (4.6) і становитиме:

$$B_{\text{с.з.}} = 12805 * 0,415 = 5314,10 \text{ грн}$$

Проведені розрахунки витрат на оплату праці зведемо у таблицю 4.2.

Таблиця 4.2 – Зведені розрахунки на оплату праці

№ п/п	Категорія працівників	Основна заробітна плата, грн			Додаткова заробітна плата, грн	Нарах. на ФОП, грн	Всього витрати на оплату праці, грн 6=3+4+5
		Тарифна ставка, грн	К-сть відпрацьованих годин	Фактично нарах. з/пл., грн			
А	Б	1	2	3	4	5	6
1	Керівник проекту	81	41	3321	332	1516	5169
2	Інженер	65	128	8320	832	3798,1	12950,1
Разом				11641	1164	5314,1	18119,1

4.3 РОЗРАХУНОК ВИТРАТ НА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЮ

Затрати на електроенергію 1-ці обладнання визначаються за формулою:

$$З_E = W * T * S \quad (4.7)$$

де W – необхідна потужність, кВт;

T – кількість годин роботи обладнання;

S – вартість кіловат-години електроенергії.

Згідно з постановою НКРЕ України від 11.12.2018 року № 1844 вартість електроенергії становить 1,425 грн./кВт·год.

Корисна потужність комп'ютера – 300 Вт з підключеним маршрутизатором і комутатором, кількість годин роботи обладнання згідно таблиці – 169 год.

$$З_E = 0,3 * 169 * 1,425 = 72,25 \text{ грн}$$

4.4 РОЗРАХУНОК ВИТРАТ НА МАТЕРІАЛИ

Результати розрахунку затрат на матеріали зводяться в таблицю 4.3.

Таблиця 4.3 — Визначення величини затрат на матеріали

Найменування матеріальних ресурсів	Одиниця виміру	Норма витрат	Ціна за одиницю грн	Затрати матеріалів Грн	Транс-поротно-заготівельні витрати, грн	Загальна сума витрат на матеріали, грн
Папір A4 ZOOM	Пачка	1	82	82	-	82
STM32F103C8T6 ARM Arduino Mini System	Штук	1	101,15	101,15	-	101,15
LM2596- POWER- MODULE	Штук	3	17,50	52,50	-	52,50
RC-370SH-18139 Електродвигун	Штук	1	31,5	31,5		31,5
Li-ion 18650	Штук	3	50,15	150,45	-	150,45
Провідники	Пачка	2	14,25	28,5	-	28,5
Sharp GP2Y0A02YK0F	Штук	5	70,50	352,5		352,5
Sharp GP2Y0A51SK0F	Штук	3	65,75	197,25		197,25
Разом						968,85

4.5 РОЗРАХУНОК СУМИ АМОРТИЗАЦІЙНИХ ВІДРАХУВАНЬ

Характерною особливістю застосування основних фондів у процесі виробництва є їх відновлення. Для відновлення засобів праці у натуральному виразі необхідне їх відшкодування у вартісній формі, яке здійснюється шляхом амортизації.

Амортизація – це процес перенесення вартості основних фондів на вартість новоствореної продукції з метою їх повного відновлення. Для заміщення зношеної частини основних засобів виробництва підприємства роблять амортизаційні відрахування, тобто відрахування певних грошових сум відповідно до розмірів фізичного і морального зносу засобів виробництва.

Комп'ютери та оргтехніка належать до четвертої групи основних фондів. Для цієї групи річна норма амортизації дорівнює 60 % (квартальна – 15 %).

Для визначення амортизаційних відрахувань застосовуємо формулу:

$$A = \frac{B_B * H_A}{100} \quad (4.8)$$

де A – амортизаційні відрахування за звітний період, грн.

B_B – балансова вартість комп'ютера, на початок звітного періоду, грн.

H_A – норма амортизації, %.

Для роботи використовується один комп'ютер (вартість якого становить 17500 грн.), який працює 169 години. Тому використовуючи формулу (4.8) обраховуємо амортизаційні відрахування:

$$A = \frac{17500 * 15}{100} = 2625 \text{ грн}$$

4.6 ОБЧИСЛЕННЯ НАКЛАДНИХ ВИТРАТ

Накладні витрати пов'язані з обслуговуванням виробництва, утриманням апарату управління підприємства (фірми) та створення необхідних умов праці.

Накладні витрати можуть становити 20% від суми основної та додаткової заробітної плати працівників і визначаються за формулою (4.9):

$$H_B = B_{O.P.} * 0,2 \quad (4.9)$$

$$H_B = 12805 * 0,2 = 2561 \text{ грн}$$

4.7 СКЛАДАННЯ КОШТОРИСУ ВИТРАТ ТА ВИЗНАЧЕННЯ СОБІВАРТОСТІ НДР

Результати проведених вище розрахунків зведемо у таблицю 4.4. Собівартість (СВ) НДР розрахуємо за формулою (4.10):

$$C_B = B_{O.P.} + B_{C.З.} + З_{В.М.} + З_E + A + H_B \quad (4.10)$$

$$C_B = 12805 + 5314,1 + 968,85 + 72,25 + 2625 + 2561 = 24346,2 \text{ грн.}$$

Таблиця 4.4 — Кошторис витрат на НДР

Зміст витрат	Сума, грн.	У % до загальної суми
1	2	3
Витрати на оплату праці (основну і додаткову заробітну плату) (4.5)	12805	52,60
Відрахування на соціальні заходи (4.6)	5314,1	21,83
Матеріальні витрати	968,85	3,98

Продовження Таблиці 4.4

1	2	3
Витрати на електроенергію (4.7)	72,25	0,30
Амортизаційні відрахування (4.8)	2625	10,78
Накладні витрати (4.9)	2561	10,51
Собівартість	24346,2	100

4.8 РОЗРАХУНОК ЦІНИ НДР

Ціну НДР можна визначити за формулою (4.11):

$$\text{Ц} = \frac{C_B * (1 + P_{REN}) + K * B_{Н.І.}}{K} * (1 + ПДВ) \quad (4.11)$$

де P_{REN} – рівень рентабельності, 30 %;

K – кількість замовлень;

$B_{Н.І.}$ – вартість носія інформації, грн.

$ПДВ$ – ставка податку на додану вартість, (20 %).

$$\text{Ц} = \frac{24346,2 * (1 + 0,3) + 1 * 35}{1} * (1 + 0,2) = 38022,10 \text{ грн}$$

Таким чином ціна рівна 38022,10 грн.

Визначимо величину прибутку за формулою (4.12):

$$\text{П} = \text{Ц} - C_B \quad (4.12)$$

$$\text{П} = 38022,1 - 24346,2 = 13675,9 \text{ грн}$$

Згідно формули (4.12) отримаємо 13675,9 грн.

4.9 ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ І ТЕРМІНУ ОКУПНОСТІ КАПІТАЛЬНИХ ВКЛАДЕНЬ

Ефективність виробництва – це узагальнене і повне відображення кінцевих результатів використання робочої сили, засобів та предметів праці на підприємстві за певний проміжок часу. Економічна ефективність (E_p) полягає у відношенні результату виробництва до затрачених ресурсів за формулою (4.13):

$$E_p = \frac{П}{C_B} \quad (4.13)$$

де $П$ – прибуток;

C_B – собівартість.

$$E_p = \frac{13675,9}{24346,2} = 0,5617$$

Використовуючи формулу (4.13) можна віднайти разом із економічною ефективністю і – термін окупності капітальних вкладень (T_p):

$$T_p = \frac{1}{E_p} = \frac{1}{0,5617} = 1,8 \text{ роки}$$

Про доцільність розробки програми можна сказати при врахуванні критеріїв, які наведено у таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Техніко – економічні показники НДР

№ п/п	Показник	Значення
1	Собівартість, грн.	24346,2
2	Плановий прибуток, грн.	13675,9
3	Ціна, грн.	38022,1
4	Економічна ефективність	0,5617
5	Термін окупності, рік	1,8

У результаті проведення розрахунків можна зробити висновок: розробка матиме оптимальну економічну ефективність 0,5617 і термін окупності становитиме більше трьох років (1,8 роки). Варто зазначити, що дані розрахунки носять номінальний характер і основна їх мета оцінити приблизну вартість дослідження та створення даного продукту. Номінальний характер розрахунків зумовлений тим, що даний програмний продукт має дослідницьке призначення.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В даному розділі будуть розглянуті питання, тематика яких стосується інформаційної системи роботизованої платформи для переміщення у невизначеному просторі або сфери її діяльності.

А саме:

- Проведення оцінки стійкості роботи інформаційної системи роботизованої платформи для переміщення у невизначеному просторі до дії електромагнітного імпульсу ядерного вибуху;
- Організація і проведення досліджень з оцінки стійкості об'єкта, що використовує у своїй діяльності інформаційну систему роботизованої платформи, в НС;
- Встановлення зв'язку нещасного випадку з виробництвом;
- Класи виробничих та складських приміщень по вибуховій та пожежній небезпеці. Вогнестійкість будівельних конструкцій і матеріалів;
- Органи державного нагляду за охороною праці. Основні принципи державного нагляду (контролю) у сфері господарської діяльності

5.1 ДІЯ ЕМІ

У разі виникнення НС воєнного часу може настати необхідність забезпечити надійну роботу інформаційної системи роботизованої платформи від зброї масового ураження і в тому числі ядерної зброї і зокрема такого уражаючого фактора, як ЕМІ.

Ядерні вибухи в атмосфері й більш високих шарах призводять до виникнення потужних електромагнітних полів з довжиною хвиль від 1 до 1000 м і більше. Ці поля через короткочасне існування називають електромагнітним імпульсом (ЕМІ).

Основною причиною виникнення ЕМІ тривалістю менше 1 с вважають взаємодію гамма – променів і нейтронів ядерного вибуху з атомами газів повітря, внаслідок чого з них вибиваються електрони (ефект Комптона) і хаотично

розлітаються в середовищі позитивно заряджених атомів газів. Важливе значення має також виникнення асиметрії в розподілі просторових електричних зарядів, пов'язаних з особливостями поширення гамма – променів і утворення електронів.

Гамма – промені, які випускаються із зони вибуху в напрямі поверхні землі, поглинаються в більш щільних шарах атмосфери, вибиваючи з атомів повітря швидкі електрони, які летять у напрямку гамма – променів зі швидкістю світла, а позитивні іони (залишки атомів) залишаються на місці. У результаті поділу і переміщення позитивних і негативних зарядів у цій області й у зоні вибуху, а також при взаємодії зарядів з геомагнітним полем Землі утворюються елементарні й результуючі електричні та магнітні поля ЕМІ, які досягають поверхні землі в зоні радіусом кількох сотень кілометрів. Виникають сильні поперечні токи і утворюється подібність великої "плоскої антени", яка випромінює потужний ЕМІ з часом наростання порядна 10 нс і тривалістю більше 230 нс; зі смугою частот від 10 кГц до 100 МГц. Залежно від висоти ядерного вибуху за інших однакових умов змінюються характер, інтенсивність ЕМІ і дальність його поширення.

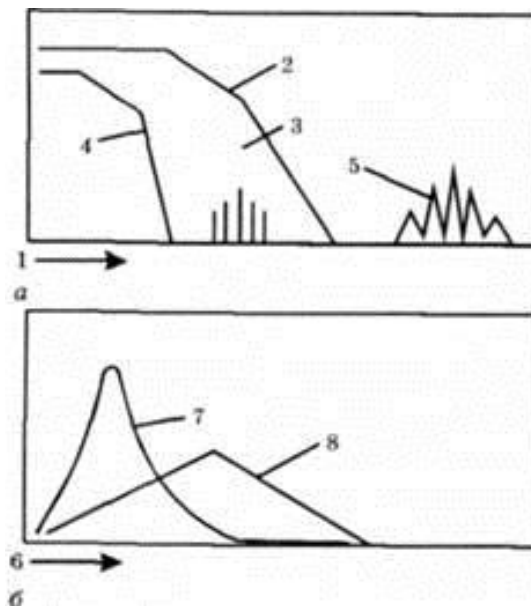
При наземному і низькому повітряному вибуху уражаюча дія ЕМІ спостерігається на відстані кількох кілометрів від центру вибуху. Під час ядерного вибуху на висотах від 3 до 25 км утворюється симетричне джерело генерації, але радіус поширення ЕМІ залишається обмеженим внаслідок сильного поглинання гамма – випромінювання в щільних шарах атмосфери.

Найбільш уражаюча дія має ЕМІ, що виникає при екзоатмосферному вибуху (більше 40 км). Зі збільшенням висоти вибуху збільшується і район джерела генерації ЕМІ, досягаючи в діаметрі тисячі кілометрів і товщини 20 – 40 км. Так, під час вибуху на висоті 80 км ЕМІ буде поширюватися на площі радіусом 960 км, а під час вибуху на висоті 160 км – на площі радіусом 1400 км.

Екзоатмосферний ЕМІ характеризується дуже малим часом наростання (декілька наносекунд), високою інтенсивністю електричного поля (більше 50

кВ/хв) і магнітного поля (близько 130 А/хв). Розряд блискавки порівняно з ЕМІ має значно більшу тривалість зростання і спаду (5 – 300 мкс), створює потужні поля (близько 100 кВ/хв), несе значно більшу енергію, але спектр частот становить близько 10 МГц, тоді як для ЕМІ він більше – 100 МГц. Пікове значення ЕМІ може досягти 50000 В/хв, що дорівнює всій енергії яка випромінюється в радіочастотній частині спектра.

Частотні характеристики ЕМІ і форми хвиль показані на рис. 8. Уражаюча дія ЕМІ обумовлена виникненням напруги і струмів у провідниках різної довжини, розміщених у повітрі, землі. ЕМІ захвачують спектр частот від десятків до кількох сотень мегагерц, тобто діапазон, в якому працюють установки електропостачання, зв'язку і радіолокації. Напруженість електромагнітного поля, створюваного ЕМІ, досягає 50000 В/м, тоді як у радіолокації вона не перевищує 200 В/м, а у зв'язку — 10 В/м.



- а) порівняння частотних характеристик: 1 – частота; 2 – ЕМІ; 3 – засоби зв'язку;
4 – розряд атмосферної блискавки; 5 – радіолокатори; б) порівняння форм
хвиль: 6 – час; 7 – ЕМІ; 8 – розряд атмосферної блискавки

Рисунок 5.1 – Характеристика ЕМІ

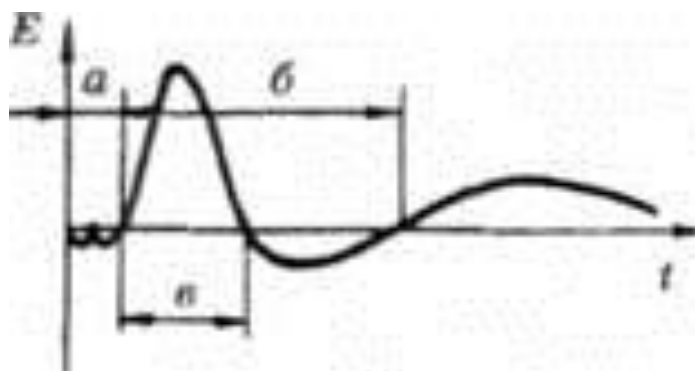
Час наростання ЕМІ до максимального становить кілька мільярдних частинок секунди, що значно менше часу спрацювання відомих електронних

систем захисту. Це значить, що в момент настання ЕМІ чутливе електронне обладнання одержить дуже велике перевантаження, протистояти якому воно не зможе. Іскріння, яке виникає під впливом високого електричного поля ЕМІ, може спричинити спалахування парів бензину та інших палив у сховищах.

Магнітні й електричні поля ЕМІ характеризуються напруженістю поля. У динаміці імпульс ЕМІ – це швидко затухаючий коливний процес з кількома квазіпівперіодами (рис. 5.2).

Уражаюча дія ЕМІ в приземній області й на землі пов'язана з акумулюванням його енергії довгими металевими предметами, рамними і каркасними конструкціями, антенами, лініями електропередачі та зв'язку, в них виникають сильні наведені струми, які руйнують підключене електронне та інше чутливе устаткування. У районі дії ЕМІ безпосередній контакт людини зі струмопровідними предметами небезпечне.

ЕМІ уражає радіоелектронну і радіотехнічну апаратуру. В провідниках індукуються високі напруги і струми, які можуть призвести до постійних або тимчасових пошкоджень ізоляції кабелів, відключення реле і переривників, пошкодження елементів зв'язку, магнітних запам'ятовуючих пристроїв у ЕОМ і системах передачі даних. Найбільш уразливими елементами обладнання є напівпровідникові прилади – транзистори, діоди, випрямлячі на основі кремнію, інтегруючі ланцюги, цифрові процесори, управляючі й контрольні прилади, транзистори звукової частоти, перемикаючі транзистори.



а) початкова фаза; б) основна фаза; в) тривалість першого квазіпівперіоду

Рисунок. 5.2 – Зміна напруженості поля електромагнітного імпульсу

Особливо чутливими до впливу ЕМІ є 6 основних груп об'єктів і систем:

1. Системи передачі електроенергії: повітряні ЛЕП, кабельні лінії, різні види з'єднувальних ліній і повітряна електропроводка;
2. Системи виробництва, перетворення і накопичення енергії: електростанції, генератори постійного і змінного струму, трансформатори, перетворювачі струмів і напруги, комутатори і розподільні пристрої, електричні батареї і акумулятори, паливні, сонячні й термоелементи;
3. Системи регулювання і управління: електромеханічні й електронні датчики та інші елементи автоматики, комп'ютерні установки, мікропроцесори;
4. Системи споживання електроенергії: електродвигуни і електромагнітні, нагрівальні, холодильні, вентиляційні, освітлювальні установки та кондиціонери;
5. Системи електротяги: електроприводи, напівпровідникові та інші типи перетворювачів;
6. Системи радіозв'язку, передачі, зберігання і накопичення інформації: антени, хвилеводи, коаксіальні кабелі, електронні прилади, радіопередавачі, радіоприймачі, установки автономного електропостачання, змішувачі, телефонні апарати, телеграфні установки, заземлені кабелі й проводи.

Один з методів збереження роботи здатності при ЕМІ – це використовувати вакуумні електронні прилади, які виходять із ладу при енергії 1 Дж, і запобігають іскрінню яке утворює високе електричне поле ЕМІ.

5.2 СТІЙКІСТЬ ОБ'ЄКТА

Дослідження стійкості роботи об'єкту — це всебічне вивчення обстановки, яка може скластися під час надзвичайної ситуації та визначення її впливу на виробничу діяльність підприємства. Мета дослідження полягає в тому, щоб виявити слабкі місця в роботі об'єкта та виробити найбільш ефективні пропозиції, спрямовані на підвищення його стійкості. Проводиться воно силами інженерно – технічного персоналу із залученням спеціалістів науково – дослідних та проектних організацій. Організатором та керівником досліджень є керівник підприємства.

Увесь процес планування і проведення досліджень поділяється на три етапи:

- I етап — підготовчий;
- II етап — оцінка стійкості роботи ОГД;
- III етап — розроблення заходів, які підвищують стійкість роботи об'єкту в умовах надзвичайних ситуацій.

На першому етапі розробляються керівні документи, які визначають склад учасників досліджень та організовується їх підготовка.

Основними документами для організації досліджень є:

- Наказ керівника підприємства, щодо проведення дослідження;
- Календарний план основних заходів з підготовки до проведення досліджень;
- План проведення досліджень.

Наказ керівника підприємства розробляється на підставі вказівок старшого начальника з урахуванням умов пов'язаних з виробничою діяльністю об'єкта.

Термін дослідження встановлюється залежно від обсягу роботи та підготовки учасників і може тривати 2 – 3 місяці. Залежно від складу основних виробничо – технічних служб на об'єкті створюються дослідницькі групи. Їх кількість і чисельність залежить від обсягу завдань, що вирішуються, специфіки

виробництва. На підготовчому етапі з керівниками груп проводиться спеціальне заняття, на якому керівник підприємства доводить до виконавців план роботи, завдання кожної групи та визначає терміни дослідження.

На другому етапі проводиться безпосереднє дослідження стійкості роботи об'єкта. В ході дослідження визначаються умови захисту робітників та службовців від уражаючих факторів, проводиться оцінка уразливості виробничого комплексу від різних уражаючих факторів, оцінюється характер можливих пошкоджень від вторинних уражаючих факторів, вивчається стійкість роботи системи забезпечення та кооперативних зв'язків з іншими об'єктами, з'ясовуються вразливі місця в системі управління виробництвом. Кожна група оцінює стійкість відповідних елементів виробничого комплексу та робить необхідні розрахунки. Група комплексних досліджень (керівник – головний інженер) входять керівники всіх груп. Робить загальну оцінку стійкості роботи об'єкту. Група досліджень стійкості будівель та споруд (керівник – начальник відділу капітального будівництва) на основі аналізу характеристик і стану виробничих будинків та споруд:

- Визначає ступінь їх стійкості до дії уражаючих факторів;
- Оцінює розміри можливої шкоди від дії вторинних уражаючих факторів;
- Проводить розрахунки сил і засобів, необхідних для відновлення виробничих споруд при різних ступенях руйнування. Крім того, група досліджує та оцінює захисні властивості захисних споруд, визначає необхідну їх кількість на території об'єкта та в заміській зоні.

Група досліджень стійкості виробничого обладнання (керівник – головний механік) оцінює стійкість технологічних ліній, верстатів та механізмів і визначає:

- Можливі втрати станків, приладів і систем автоматичного управління при різних ступенях пошкодження;
- Способи збереження і захисту особливо цінного обладнання;

- Потребу в силах і засобах, терміни та обсяги відновних робіт;
- Можливості створення резерву обладнання та порядок його використання.

Група дослідження стійкості технологічного процесу (керівник – головний технолог) оцінює стійкість технологічного процесу для чого:

- Уточнює заходи переведення об'єкту на режим роботи в умовах надзвичайної ситуації;
- Визначає найбільш вразливі ділянки технологічної лінії;
- Розробляє варіанти зміни технологічного процесу при нестачі сировини;
- Оцінює можливості і терміни безаварійної зупинки виробництва за сигналом "Повітряна небезпека" або при раптовому припиненні подачі електроенергії.

Група досліджень стійкості систем енергозабезпечення (керівник — головний енергетик) оцінює:

- Стійкість системи електро-, газо- та водопостачання, каналізації та можливість переведення котелень на інші види палива;
- Нормативно-необхідні та мінімальні потреби з кожного виду енергії;
- Основні та додаткові джерела енергопостачання, можливості внутрішніх та зовнішніх джерел;
- Стійкість заводських комунікацій;
- Наявність та можливості автономних джерел енергопостачання;
- Характер можливих аварій і можливість виникнення вторинних факторів ураження та їх наслідки;
- Можливі варіанти підвищення стійкості роботи систем енергопостачання;
- Варіанти відновлення систем енергопостачання при різних ступенях ураження об'єкта;
- Можливість підключення до сусідніх трансформаторних підстанцій;

Група досліджень стійкості матеріально-технічного постачання і транспорту (керівник — начальник відділу матеріально-технічного постачання):

- Аналізує систему забезпечення робочого процесу всім необхідним для випуску продукції в умовах надзвичайної ситуації;
- Оцінює умови відправки продукції і стійкості роботи транспорту;
- Обґрунтовує необхідність і створює додаткові запаси сировини, обладнання, комплектуючих виробів, а також визначає місця їх зберігання;
- Вивчає стійкість існуючих зв'язків з поставниками та користувачами;
- Складає розрахунки на потрібну кількість будівельних та інших матеріалів для відновлення виробництва і будівництва сховищ на об'єкті та ПРУ в заміській зоні (на підставі заявок інших груп).

Штаб Цивільного захисту ОГД в цей період оцінює загальний стан ЦЗ і визначає заходи для забезпечення захисту робітників і службовців. Для цієї роботи притягається ряд начальників служб, які виконують відповідні функції:

Служба оповіщення і зв'язку вивчає і оцінює стійкість зв'язку з органами ЦЗ, виробничими підрозділами і формуваннями ЦЗ. Оцінює надійність системи зв'язку і оповіщення, повноту обладнання пунктів управління.

Служба сховищ і укрить оцінює інженерний захист робітників і службовців, правильність експлуатації сховищ і укрить, готовність їх до використання за прямим призначенням. Розраховує час на оповіщення робітників і службовців, збір і укриття їх в захисних спорудах.

Служба радіаційного та хімічного захисту оцінює можливості роботи об'єкта в умовах радіації і дає пропозиції щодо захисту робітників і службовців від радіоактивного забруднення, визначає типові режими радіаційного захисту людей, розробляє графік робочих змін для проведення РІНР. Аналізує забезпеченість робітників і службовців засобами індивідуального захисту, умови зберігання і порядок їх видачі. Готує пропозиції щодо організації і ведення

радіаційної і хімічної розвідки, організації санітарної обробки людей, знезараження одягу, транспорту, техніки і споруд.

Медична служба розробляє заходи щодо організації медичного обслуговування робітників та службовців на об'єкті і в заміській зоні, а також при проведенні РІНР. Визначає сили і засоби для надання першої медичної допомоги потерпілим. Виробляє рекомендації з організації дозиметричного контролю при перебуванні людей у зоні радіоактивного забруднення і рекомендації з захисту продуктів харчування і джерел водопостачання.

Служба охорони громадського порядку розробляє заходи з підсилення пропускнуго режиму, охорони матеріальних цінностей, забезпечення громадського порядку.

На третьому етапі підводяться підсумки проведених досліджень. Групи спеціалістів за підсумками досліджень готують і пропозиції з захисту робітників та службовців і підвищенню стійкості елементів виробництва, які досліджуються.

Група комплексних досліджень на основі доповідей інших груп складає загальну доповідь, в якій визначаються: можливості щодо захисту робітників і службовців в НС; загальна оцінка стійкості об'єкта, найбільш слабкі (вразливі) ділянки виробництва; практичні заходи, терміни та обсяги робіт, які виконуються при повсякденній діяльності та при загрозі надзвичайної ситуації; порядок та приблизні строки відновлюваних робіт при різних ступенях руйнування.

За результатами досліджень розробляються плани, в яких визначаються відповідні заходи, необхідні кошти на їх проведення, терміни і відповідальні особи за їх виконання. В зв'язку з тим, що заходи по підвищенню стійкості роботи виконуються завчасно (в мирний час), з оголошенням загрози виникнення надзвичайної ситуації (нападу ворога) та в умовах надзвичайної ситуації, відповідні плануючі документи, для зручності користування ними, складаються на кожен можливу ситуацію.

Правильність проведених розрахунків та реальність пропозицій і рекомендацій перевіряються на спеціальних навчаннях під керівництвом начальника ЦЗ об'єкта. Завчасно плануються і проводяться, в основному, заходи які потребують значних матеріальних витрат та часу на їх виконання. Економічна ефективність цих заходів може бути досягнута при їх коригуванні з завданнями щодо безаварійної роботи об'єкта, поліпшення умов праці, удосконаленню виробничого процесу, реконструкції виробництва і таке інше. На період загрози виникнення НС плануються заходи, які можуть бути легко реалізовані або виконання яких в мирний час недоцільно.

Методика оцінки стійкості об'єкта базується на таких вихідних положеннях:

- Спочатку оцінюється стійкість кожного елемента об'єкта;
- Стійкість об'єкта в цілому оцінюється по стійкості найбільш слабкого елемента.
- Стійкість об'єкта оцінюється по відношенню до кожного з можливих уражаючих факторів НС (варіантів аварій, стихійного лиха, сучасної зброї);
- Враховуються максимальні значення параметрів уражаючих факторів щодо умов розташування об'єкта.

Послідовність оцінки стійкості роботи об'єкта:

- Визначається критерій (показник), за яким буде проводитись оцінка стійкості щодо конкретного уражаючого фактора і умови його стійкості;
- Розраховується максимальне значення параметру уражаючого фактора, який може виникати на об'єкті внаслідок аварії, стихійного лиха або застосування сучасної зброї;
- Відповідно до вибраного критерію стійкості визначають границю стійкості об'єкта до даного уражаючого фактора;

- Порівнюють отриману границю стійкості з максимальним значенням уражаючого фактора.

За результатами порівняння визначають, чи об'єкт стійкий щодо даного уражаючого фактора та чи потрібно підвищувати його стійкість.

5.3 НЕЩАСНИЙ ВИПАДОК НА ВИРОБНИЦТВІ

Визначаються пов'язаними з виробництвом нещасні випадки, що сталися з працівниками, під час виконання трудових обов'язків, у тому числі у відрядженні, а також ті, що сталися у період:

1. Перебування на робочому місці, на території підприємства або в іншому місці, пов'язаному з виконанням роботи, починаючи з моменту прибуття працівника на підприємство до його відбуття, який повинен фіксуватися відповідно до вимог правил внутрішнього трудового розпорядку підприємства, у тому числі протягом робочого та надурочного часу, або виконання завдань роботодавця в неробочий час, під час відпустки, у вихідні, святкові та неробочі дні;
2. Підготовки до роботи та приведення в порядок після закінчення роботи знарядь виробництва, засобів захисту, одягу, а також виконання засобів особистої гігієни, пересування по території підприємства перед початком роботи і після її закінчення;
3. Проїзду на роботу чи з роботи на транспортному засобі, що належить підприємству, або іншому транспортному засобі, наданому роботодавцем;
4. Використання власного транспортного засобу в інтересах підприємства з дозволу або за дорученням роботодавця в установленому роботодавцем порядку;
5. Виконання дій в інтересах підприємства, на якому працює потерпілий, тобто дій, які не належать до трудових обов'язків працівника (подання необхідної допомоги іншому працівникові, дії щодо запобігання аваріям

або рятування людей та майна підприємства, інших дій за розпорядженням або дорученням роботодавця);

6. Ліквідації аварії, наслідків надзвичайної ситуації техногенного і природного характеру на виробничих об'єктах і транспортних засобах, що використовуються підприємством;
7. Подання необхідної допомоги або рятування людей, виконання дій, пов'язаних із запобіганням нещасним випадкам з іншими особами у процесі виконання трудових обов'язків;
8. Прямування працівника до об'єкта (між об'єктами) обслуговування за затвердженими маршрутами або будь-якого об'єкта за дорученням роботодавця;
9. Прямування до чи з місця відрядження згідно з установленим завданням.

Нещасні випадки, пов'язані із завданням тілесних ушкоджень іншою особою, або вбивство працівника під час виконання чи у зв'язку з виконанням ним трудових (посадових) обов'язків чи дій в інтересах підприємства незалежно від порушення кримінальної справи також визначаються пов'язаними з виробництвом (крім випадків, що сталися з особистих мотивів).

Нещасні випадки, що сталися внаслідок раптового погіршення стану здоров'я працівника під час виконання ним трудових (посадових) обов'язків визначаються пов'язаними з виробництвом за умови, що погіршення стану здоров'я працівника сталося внаслідок впливу небезпечних чи шкідливих виробничих чинників, що підтверджено медичним висновком, або якщо потерпілий не проходив медичного огляду, передбаченого законодавством, а робота, що виконувалася, протипоказана потерпілому відповідно до медичного висновку про стан здоров'я.

Не визначаються пов'язаними з виробництвом нещасні випадки, що сталися з працівниками:

1. За місцем постійного проживання на території польових і вахтових селищ;

2. Під час використання ними в особистих цілях транспортних засобів, машин, механізмів, устаткування, інструментів, що належать або використовуються підприємством (крім випадків, що сталися внаслідок їх несправності);
3. Унаслідок отруєння алкоголем, наркотичними засобами, токсичними чи отруйними речовинами, а також унаслідок їх дії (асфіксія, інсульт, зупинка серця тощо), за наявності відповідного медичного висновку, якщо це не пов'язане із застосуванням таких речовин у виробничих процесах чи порушення вимог безпеки, щодо їх зберігання і транспортування або якщо потерпілий, який перебував у стані алкогольного, токсичного чи наркотичного сп'яніння, до нещасного випадку був відсторонений від роботи відповідно до вимог правил внутрішнього трудового розпорядку підприємства або колективного договору;
4. У разі підтвердження відповідним медичним висновком алкогольного, токсичного чи наркотичного сп'яніння, не зумовленого виробничим процесом, яке стало основною причиною нещасного випадку за відсутності технічних та організаційних причин його настання;
5. Під час скоєння ними злочину, що встановлено обвинувальним вироком суду;
6. У разі смерті або самогубства (крім випадків, зазначених вище).

5.4 КЛАСИ ВИРОБНИЧИХ ТА СКЛАДСЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ ПО ВИБУХОВІЙ ТА ПОЖЕЖНІЙ НЕБЕЗПЕЦІ

Пожежна небезпека виробничих будівель залежить від кількості та здатності до горіння речовин і матеріалів, що в них знаходяться або використовуються, а також від пожежної небезпеки технологічних процесів й особливостей конструкції самої будівлі (приміщення). Технологічний процес визначає ймовірність виникнення і розміри пожежі або вибуху. Конструкції будівель зумовлюють межі поширення пожежі та її наслідки.

За вибухонебезпекою та пожежною небезпекою приміщенні та будівлі згідно з НАПБ Б.03.002-2007 поділяються на п'ять категорій: А, Б, В, Г, Д.

Категорія А (вибухопожежонебезпечна). Горючі гази, легкозаймисті рідини з температурою спалаху не більше 28°C у такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні паро- і газоповітряні суміші, при спалахуванні яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні, що перевищує 5 кПа. Речовини та матеріали, здатні вибухати і горіти при взаємодії з водою, киснем повітря або одне з одним у такій кількості, що розрахунковий надлишковий тиск у приміщенні перевищує 5 кПа;

Категорія Б (вибухопожежонебезпечна). Горючий пил або волокна, легкозаймисті рідини з температурою спалаху більше 28°C та горючі рідни у такій кількості, що можуть створювати вибухонебезпечні пило- повітряні або пароповітряні суміші у разі спалахування яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні, що перевищує 5 кПа;

Категорія В (пожежонебезпечна). Горючі гази (ГГ), легкозаймисті, горючі і важко горючі рідини, а також речовини та матеріали, які здатні при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним вибухати і горіти або тільки горіти; горючий пил і волокна, тверді горючі та важко горючі речовини і матеріали, за умови, що приміщення, в яких вони знаходяться (обертаються), не відносяться до категорій А, Б і питома пожежна навантага для твердих і рідких

легкозаймистих та горючих речовин на окремих ділянках¹ площею не менше 10 м² кожна перевищує 180 МДж/м²

Категорія Г. Негорючі речовини та матеріали в гарячому, розжареному або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променистого тепла, іскор, полум'я; горючі гази, рідини, тверді речовини, які спалюються або утилізуються як паливо;

Категорія Д. Речовини і матеріали, що вказані вище для категорій приміщень А, Б, В (крім горючих газів) у такій кількості, що їх питома пожежна навантага для твердих і рідких горючих речовин на окремих ділянках площею не менше 10 м² кожна не перевищує 180 МДж/м², а також, негорючі речовини і/або матеріали в холодному стані, за умови, що приміщення, в яких знаходяться (обертаються) вищевказані речовини і матеріали, не відносяться до категорій А, Б і В. До цієї ж категорії дозволяється зараховувати приміщення, у яких розміщені горючі речовини у системах змащування, охолодження і гідроприводу обладнання і яких не більше 60 кг в одиниці обладнання (за умов тиску не більше 0,2 МПа), а також кабельні електропроводки в обладнанні, окремі предмети меблі на місцях.

Залежно від категорії виробництва вибирають ступені вогнестійкості будівель й приміщень, а також розробляють заходи щодо запобігання виникненню вибухів і пожеж на виробничих процесах. Найбільш небезпечні щодо вибухів і пожеж види виробництв необхідно розміщувати в одноповерхових будівлях, а в багатоповерхових — на верхньому поверсі у зовнішніх стін.

Окрім вибухопожежної класифікації приміщень існують вибухонебезпечні і пожежонебезпечні зони в приміщеннях. Вибухонебезпечна зона - це обмежений простір у приміщенні або за його межами, де існують чи можуть утворюватися вибухонебезпечні суміші.

Класифікація вибухонебезпечних зон здійснюється у відповідності з ДНАОП 0.00-1.32-01 "Правила будови електроустановок".

Газо- пароповітряні вибухонебезпечні середовища утворюють вибухонебезпечні зони класів 0,1,2, а пило повітряні - вибухонебезпечні зони класів 20,21,22.

Вибухонебезпечна зона **класу 0** — простір, у якому вибухонебезпечне середовище присутнє постійно або протягом тривалого часу. Вона може мати місце тільки в межах корпусів технологічного обладнання.

Вибухонебезпечна зона **класу 1** — простір, у якому вибухонебезпечне середовище може утворитися під час нормальної роботи, тобто ситуації, коли установка працює відповідно до своїх розрахункових параметрів, але виділені горючі гази і пари горючих речовин можуть створити з повітрям або іншими окислювачами вибухонебезпечні суміші.

Вибухонебезпечна зона **класу 2** — простір, у якому вибухонебезпечне середовище за нормальних умов експлуатації відсутнє, а якщо воно виникає, то рідко і триває недовго.

Вибухонебезпечна зона **класу 20** — простір, у якому під час нормальної експлуатації вибухонебезпечний пил у вигляді хмари присутній постійно або часто в кількості, достатній для утворення небезпечної концентрації суміші з повітрям, і (або) простір, де можуть утворюватися пилові шари непередбаченої або надмірної товщини.

Вибухонебезпечна зона **класу 21** — простір, у якому під час нормальної експлуатації ймовірна поява пилу у вигляді хмари в кількості, достатній для утворення суміші з повітрям вибухонебезпечної концентрації.

Вибухонебезпечна зона **класу 22** — простір, у якому вибухонебезпечний пил у завислому стані може з'являтися нечасто і існувати недовго, або в якому шари вибухонебезпечного пилу можуть існувати і утворювати вибухонебезпечні суміші в разі аварії.

Класифікація пожежонебезпечних зон викопується відповідно до Правил улаштування електроустановок (ПУЕ).

Пожежонебезпечна зона — це обмежений простір всередині або поза приміщенням, в межах якого постійно або періодично знаходяться горючі речовини. У такому приміщенні вони можуть перебувати як при нормальному технологічному процесі, так і в разі його порушення. Пожежонебезпечні зони поділяються на чотири класи: П-1, П-II, П-IIIа, П-III.

Клас П-I — зони приміщень, в яких зберігаються (використовують-ся) горючі рідини з температурою спалаху вище 61 °С.

Клас П-II — зони приміщень, де можливе утворення горючого пилу або волокон з нижньою концентраційною межею межу поширення полум'я понад 65 г/м³ до об'єму повітря.

Клас П-IIIа — зони приміщень, в яких є тверді горючі речовини. Горючий пил і волокна відсутні.

Клас П-III — зовнішні установи та ззовні розташовані зони, де зберігаються або використовуються горючі рідини з температурою спалаху понад 61 °С, а також тверді горючі речовини.

Згідно п 4.2.7. Правил пожежної безпеки в Україні для всіх будівель та приміщень виробничого, складського призначення і лабораторій повинна бути визначена категорія щодо вибухопожежної та пожежної безпеки, а також класи зон, які необхідно позначати на входних дверях до приміщення, а також на межах зон всередині приміщень та із зовні, при цьому на полі вказівного знака зверху позначена категорія пожеж-ної безпеки згідно з НАПБ Б.03.002-2007, а під нею - клас зони.

5.5 ОРГАНИ ДЕРЖАВНОГО НАГЛЯДУ ЗА ОХОРОНОЮ ПРАЦІ

Відповідно до Закону України «Про охорону праці» (ст. 44) державний нагляд за додержанням законодавчих та інших нормативних актів про охорону праці здійснюють:

- Комітет по нагляду за охороною праці України (Держнагляд охорони праці);
- Державний комітет України з ядерної та радіаційної безпеки;
- Органи державного пожежного нагляду управління пожежної охорони Міністерства внутрішніх справ України;
- Органи та заклади санітарно – епідеміологічної служби Міністерства охорони здоров'я України.

Вищий нагляд за додержанням і правильним застосуванням законів про охорону праці здійснюється Генеральним прокурором України і підпорядкованими йому прокурорами.

Органи державного нагляду за охороною праці не залежать від будь–яких господарських органів, об'єднань громадян, політичних формувань, місцевих державних адміністрацій і Рад народних депутатів та діють відповідно до положень, що затверджуються Кабінетом Міністрів України.

Посадові особи органів державного нагляду за охороною (державні інспектори) мають право:

- Безперешкодно в будь–який час відвідувати підконтрольні підприємства для перевірки дотримання законодавства про охорону праці, одержувати від власника необхідні пояснення, матеріали та інформацію з даних питань;
- Надсилати керівникам підприємств, а також їх посадовим особам, керівникам структурних підрозділів місцевих рад, міністерств та інших центральних органів державної виконавчої влади, обов'язкові для

виконання розпорядження (приписи) про усунення порушень і недоліків в галузі охорони праці;

- Зупиняти експлуатацію підприємств, окремих виробництв, цехів, дільниць, робочих місць і обладнання до усунення порушень вимог щодо охорони праці, які створюють загрозу життю або здоров'ю працюючих;
- Притягати до адміністративної відповідальності працівників, винних у порушенні законодавчих та інших нормативних актів про охорону праці;

Органи державного нагляду за охороною праці встановлюють порядок опрацювання і затвердження власниками положень, інструкцій та інших актів про охорону праці, що діють на підприємствах, розробляють типові документи з цих питань.

Власник повинен безплатно створити необхідні умови для роботи представників органів державного нагляду за охороною праці. Посадові особи органів державного нагляду за охороною праці несуть відповідальність за виконання покладених на них обов'язків згідно з законодавством.

5.6 ВИСНОВКИ РОЗДІЛУ

Судячи з отриманих результатів, можна припустити, що дана інформаційна система роботизованої платформи для здійснення переміщення у невизначеному середовищі залишається дуже вразливою до впливу ЕМІ, особливо якщо епіцентр ЕМІ знаходиться на достатньо малій відстані.

Приведені методи збереження роботоздатності інформаційної системи після ЕМІ будуть дороговартісними, оскільки затрати на їх реалізацію переважатимуть загальну вартість цієї розробки.

6 ЕКОЛОГІЯ

В даному розділі буде розглянуто методи і засоби захисту навколишнього середовища, які застосовується на приладобудівних підприємствах. А також екологічна цінність роботизованої платформи.

Під методами захисту НПС розуміють комплекс технологічних, технічних і організаційних заходів спрямованих на зниження або повне виключення антропогенного забруднення біосфери. Універсальних методів звичайно не існує, тому радикально вирішити проблему забруднення НПС на сьогоднішній технічній стадії розвитку людства неможливо (пригадайте рівень споживання ресурсів і кількість відходів, масштаби впливу на НПС). Отже, лише поєднання декількох раціонально підібраних і науково обґрунтованих заходів в кожному конкретному випадку може привести до бажаних ефектів, результатів по захисту (охороні) НПС.

Для цього використовують такі методи:

1. Технологічні – це безпосередній вплив на технологічні процеси, які виступають джерелом забруднення, внаслідок чого з'являються нові технології (утилізаційні, зберігаючі, чисті і т. д.).
2. Організаційно-технічні – зменшення концентрації та рівня забруднення на шляхах їх розповсюдження від виробництва до біосфери, тобто використання технічних засобів захисту та проведення організаційно-планувальних заходів.

Перша група методів вирішує проблему значно ефективніше, але є досить трудомісткою та значно дорожчою: відбувається реконструкція підприємств, закриття старих і будівництво нових з використанням альтернативних технологій, проводяться спеціальні науково дослідні роботи, вирішується цілий ряд завдань соціально-економічного плану, наприклад, перекваліфікація працюючих, автоматизація, комп'ютеризація виробництва.

Друга група методів є дещо вигіднішою, але вони мають локальний характер дії і не знищують причину, яка викликає забруднення.

Загальна класифікація методів захисту НПС від антропогенних забруднень приведена на рис., з розгляду якої слідує, що при проведенні технологічних заходів по боротьбі з забруднювачами НПС використовують прямі та побічні методи.

Прямі методи дозволяють знизити масу, об'єм, концентрацію і рівень забруднення безпосередньо в джерелі їх утворення в технологічному процесі. Приклад: зменшення вмісту сірки в паливі; створення електромобілів.

Побічні методи не забезпечують безпосереднього зниження рівня забруднення в його джерелі, але мінімізують його або виключають утворення забруднювачів при проведенні наступних технологічних процесів. Приклад: використання прогресивних методів литва; заміна газової зварки на електричну, а далі на лазерну.

Найвища форма удосконалення технології виробництва – створення замкнутих технологічних процесів, систем оборотного водопостачання і безвідходної технології, що можливо тільки при узгодженні прямих та побічних методів.

Під безвідходною технологією розуміють замкнуті технологічні процеси, при яких відходи кожного попереднього процесу виступають вихідною сировиною для наступного. Прикладом цієї технології є кругообіг речовин та енергії в природі.

Майбутнє за технологічними методами захисту НПС як самими прогресивними і екологічними. Саме втілення на всіх етапах виробництва безвідходної технології дозволить повністю зняти проблему антропогенного забруднення біосфери.

Організаційно – технічні методи, використання яких не зв'язано з безпосереднім впливом на джерело забруднення, використовується для захисту НПС шляхом:

- Розосередження джерел забруднення; воно не захищає безпосередньо НПС від забруднень, але дозволяє знизити локальне навантаження шкідливих речовин на біосферу до допустимих концентрацій і рівнів, з нейтралізацією яких природа справляється ще сама;
- Локалізація джерел забруднення за рахунок ізоляції, герметизації, екранування, а також захоронення відходів, що дозволяє обмежити розповсюдження забруднювачів в біосфері;
- Очистки (повної чи до допустимих концентрацій) викидів, які надходять в біосферу з допомогою спеціальних технічних устаткувань і апаратів, що використовують фізичні, хімічні, фізико-хімічні і біохімічні способи очистки і обеззараження забруднювачів.

На цьому рівні розвитку технології використання організаційно-технічних методів виступають основним способом боротьби з забруднювачами НПС.

Основні напрямки екологізації виробництва.

1. Розробка ефективних засобів очищення промислових, комунальних та тваринницьких стічних вод і промислових та транспортних викидів в атмосферу. Воно частково запобігає забрудненню довкілля, але повністю не ліквідує його, хоча ефективність окремих очисних технологій сягає 99% - 99,9%, їм не може належати провідна роль, коли мова йде про гармонізацію взаємодії суспільства і природи (дуже висока ціна сучасних очисних технологій). Основні види очистки: механічні, хімічні, біологічні, електричні і т. п.
2. Значно перспективнішими є заходи спрямовані на зменшення або повну ліквідацію шкідливих відходів, що забруднюють довкілля. Головний напрям – це перехід до використання замкнутих технологій, для яких характерна відсутність обміну речовин із зовнішнім середовищем. Стосовно технологічної операції це можна розуміти як процес, у якому відсутні викиди твердих, рідких і газоподібних речовин – відходів.

Важливе значення тут відводиться розробці нових альтернативних технологій в енергетиці, нетрадиційних матеріалів, розробка технологій на основі природних (екологічних) процесів, саме тут важливе значення має використання останніх досягнень науки і техніки. Це найперспективніший шлях екологізації.

3. Важливим сучасним напрямком екологізації є утилізація, тобто повторне використання відходів.

Найбільш важливий захід це регенерація первинних відходів, тобто залишення їх у циклі виробництва з метою додаткової переробки і вилучення невикористаних елементів або сполук. Є 3 шляхи або напрямки:

- Повернення відходів у той самий виробничий процес, з якого його отримано;
- Використання відходів в інших виробничих процесах;
- Використання у вигляді сировини для інших виробництв.

Це вже дозволяє вирішити проблему мінімізації відходів, а у окремих випадках досягти їх повної ліквідації. Але й тут існує ряд проблем, в першу чергу фінансових, а також часто кількість відходів просто перевищує реальні можливості їх споживання. Тому найбільш перспективний напрям екологізації виробництва слід вважати розробку принципово нових екологічних (маловідходних) технологій і перехід виробництва до основ екологічно «чистого» виробництва.

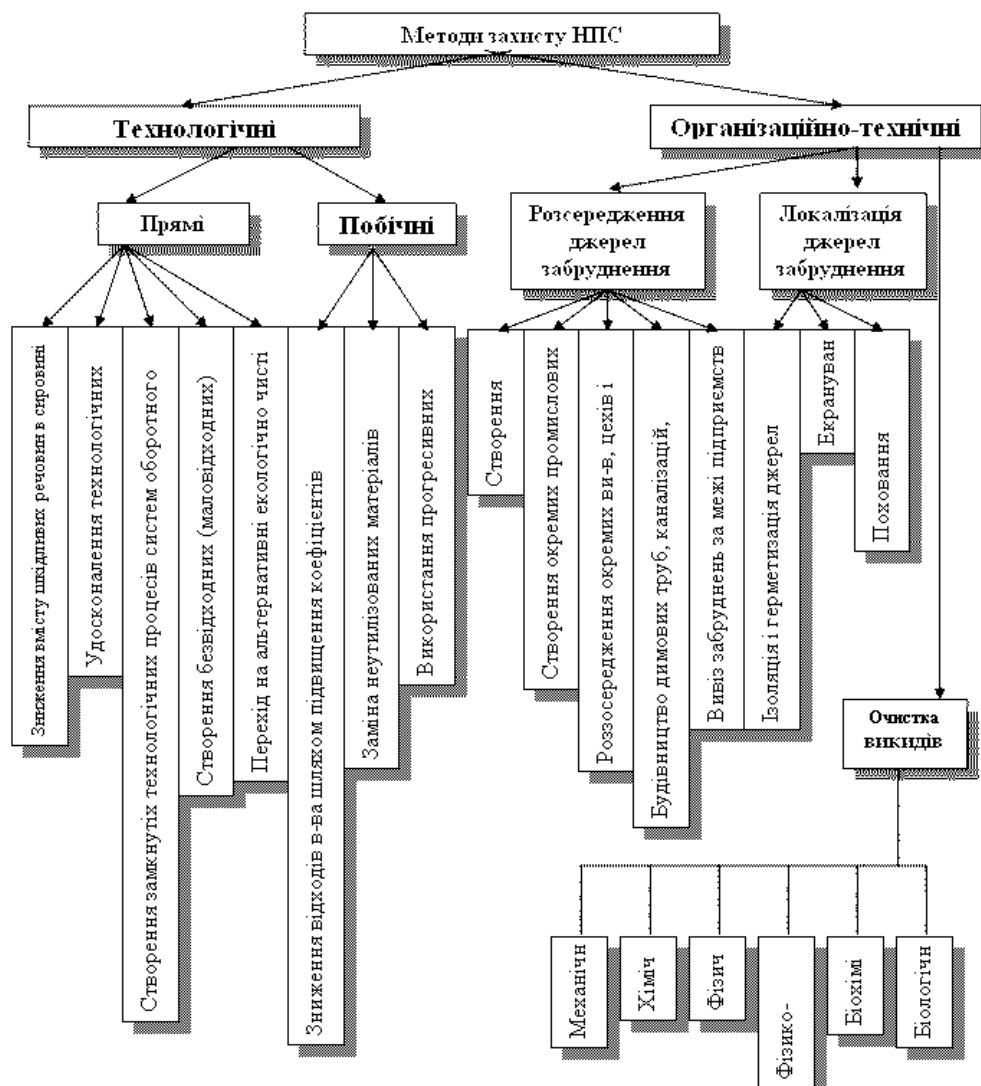


Рисунок 6.1 – Методи захисту навколишнього природного середовища

В даній системі було надано перевагу використанню пластику над металом. Оскільки даний матеріал поєднує в собі масу позитивних властивостей.

Механічні властивості пластмас залежать, головним чином від матеріалу наповнювача та схеми наповнення (армування). Ступінь анізотропності характеризується схемою армування. Розрізняють 4 схеми армування:

- Одно направлене;
- Поздовжньо-поперечне;
- Комбіноване;
- Хаотичне.

Деякі пластмаси мають міцність на розрив набагато вище високоміцної сталі, наприклад кевлар – 2760 МПа, вуглецеві волокна – 3500 МПа, вуглецеві нанотрубки – 10 ГПа. Механічні властивості пластмас залежать від терміну дії навантаження аналогічно деревині. Коефіцієнт тривалості дії навантаження для пластмас коливається в межах 0,3...0,75. На механічні властивості пластмас істотно впливають температурно – вологісні умови експлуатації. Полімер на дію вологи не реагує, але волога, що потрапила в мікро проміжки між наповнювачем і в'язучим зменшує їх адгезію й зменшує міцність самого наповнювача.

До переваг пластмас відносять:

- Висока міцність в поєднанні з малою об'ємною масою забезпечує пластмасам найбільш високий коефіцієнт конструктивної якості (відношення розрахункового опору до об'ємної маси) : сталь $\gamma = 2700$, деревина $\gamma = 3000$, СВМ $\gamma = 13200$;
- Хімічна стійкість більшості пластмас до корозії та хімічно агресивних середовищ;
- Водонепроникливість;
- Мала теплопровідність і звукопровідність;
- Світло прозорість деяких видів пластмас.

До недоліків пластмас відносять:

- Старіння – процес ослаблення міжмолекулярних зв'язків під дією реагента (води, кисню, і. т. ін.) Для усунення старіння в пластмаси вводяться стабілізатори;
- Пластмасам властиве наростання деформацій протягом часу (повзучість);
- Значне зміння розмірів при зміні температури. Коефіцієнт температурного розширення пластмас набагато більший ніж у сталі;
- Зміна механічних властивостей під впливом вологості й температури.

До недавня для джерел безперебійного живлення зазвичай використовувалися свинцево – кислотні акумулятори з регулюючим клапаном (VRLA). Їх маса і габарити вимагають наявності посиленних кріпильних конструкцій, а залежність робочих характеристик від температури збільшує навантаження на системи кондиціонування. VRLA не дуже довговічні, їх регулярна заміна веде до зростання операційних витрат. Через відсутність економічно доцільної альтернативи інженерам – конструкторам доводилося миритися з недоліками VRLA, проте в останні роки ситуація змінилася. Але завдяки успіхам у створенні електромобілів, ця проблема була вирішена ряд проблем зв'язаних з джерелами безперебійного живлення на літій – іонних батареях.

Переваги:

- В основному Li-ion акумулятори краще всього функціонують при кімнатній температурі. Робота при підвищеній температурі скорочує термін дії їх використання. Підвищена температура тимчасово протидіє внутрішньому опору акумулятора, збільшення якого призводить до його зносу.
- Саморозряд становить 4-6 % за перший місяць, потім — значно менше: за 12 місяців акумулятори втрачають 10-20 % запасеної ємності. Втрати ємності в кілька разів менші, ніж у нікель-кадмієвих акумуляторів, як при 20°C, так і при 40°C.
- Ресурс — 500—1000 циклів.
- Всі літієві акумулятори мають досить прийнятні для зберігання параметри. Втрата ємності за рахунок саморозряду 5-10 % за рік.
- Li-ion акумуляторні батареї комерційного призначення мають найбільш досконалий захист, порівняно з усіма типами батарей. Як правило, у схемі захисту Li-ion батарей використовується ключ на польовому транзисторі, який при досягненні на елементі батареї напруги 4,30 В відкривається й тим самим перериває процес заряду. Тому при підзарядці від мережі або

від бортової мережі автомобіля, можна бути впевненим, що за наявності в батареї схеми захисту, вона відключить її при досягненні напруги кінця заряду. Крім того, наявний термозапобіжник, який при нагріванні батареї до 90°C від'єднує коло її навантаження, забезпечуючи її термозахист.

- Деякі акумулятори мають вимикач, який спрацьовує при досягненні граничного рівня тиску всередині корпусу, рівного 1034 кПа (10,5 кг/м²), і розриває ланцюг навантаження. Є й схема захисту від глибокого розряду, що стежить за напругою акумуляторної батареї й розриває ланцюг навантаження, якщо напруга на елемент знизиться до рівня 2,5 В.

6.1 ВИСНОВКИ РОЗДІЛУ

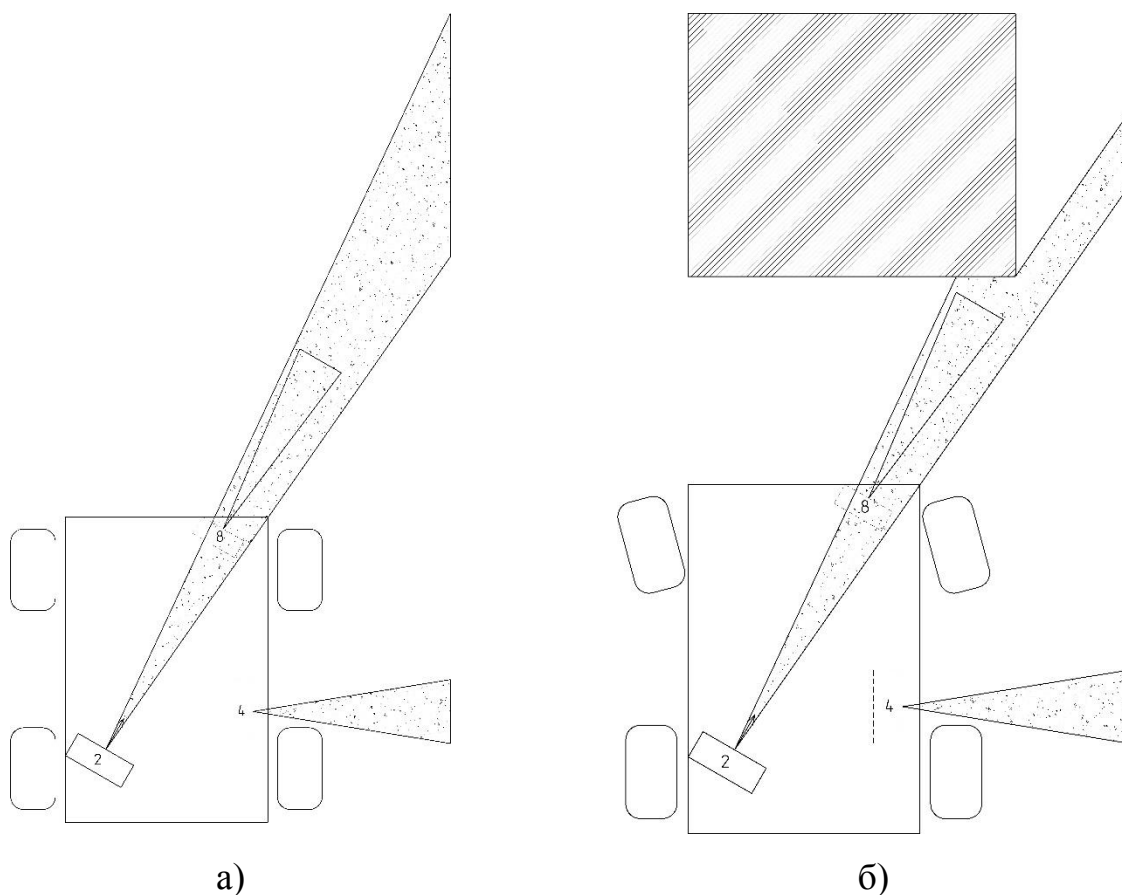
Відповідно до вимог щодо виконання інформаційної системи роботизованої платформи для переміщення у невизначеному просторі, було вирішено використовувати в якості основного матеріалу корпусу – пластмасу. Оскільки такий вид матеріалу легко піддається переробці без суттєвих якісних втрат, дешевий у виготовленні. А в якості живлення – Li-ion акумулятори, які при кращих характеристиках для розробки менш шкідливі.

ВИСНОВКИ

Основним завданням даної роботи була розробка інформаційної системи роботизованої платформи для переміщення у невизначеному просторі, а отже було потрібно:

- Дослідити і обрати органи керування виконавчими механізмами;
- Дослідити похибки обраних органів керування;
- Розробити механізм взаємодії з виконавчими механізмами;
- Перевірити несучі елементи конструкції на забезпечення необхідної міцності;
- Розробити алгоритм роботи роботизованої платформи.

Отже і показником виконаної роботи буде справна робота досліджуваних вузлів, а головне справна робота алгоритму. Тому на рис.7.1 – зображено процес взаємодії роботизованої платформи з перешкодою.



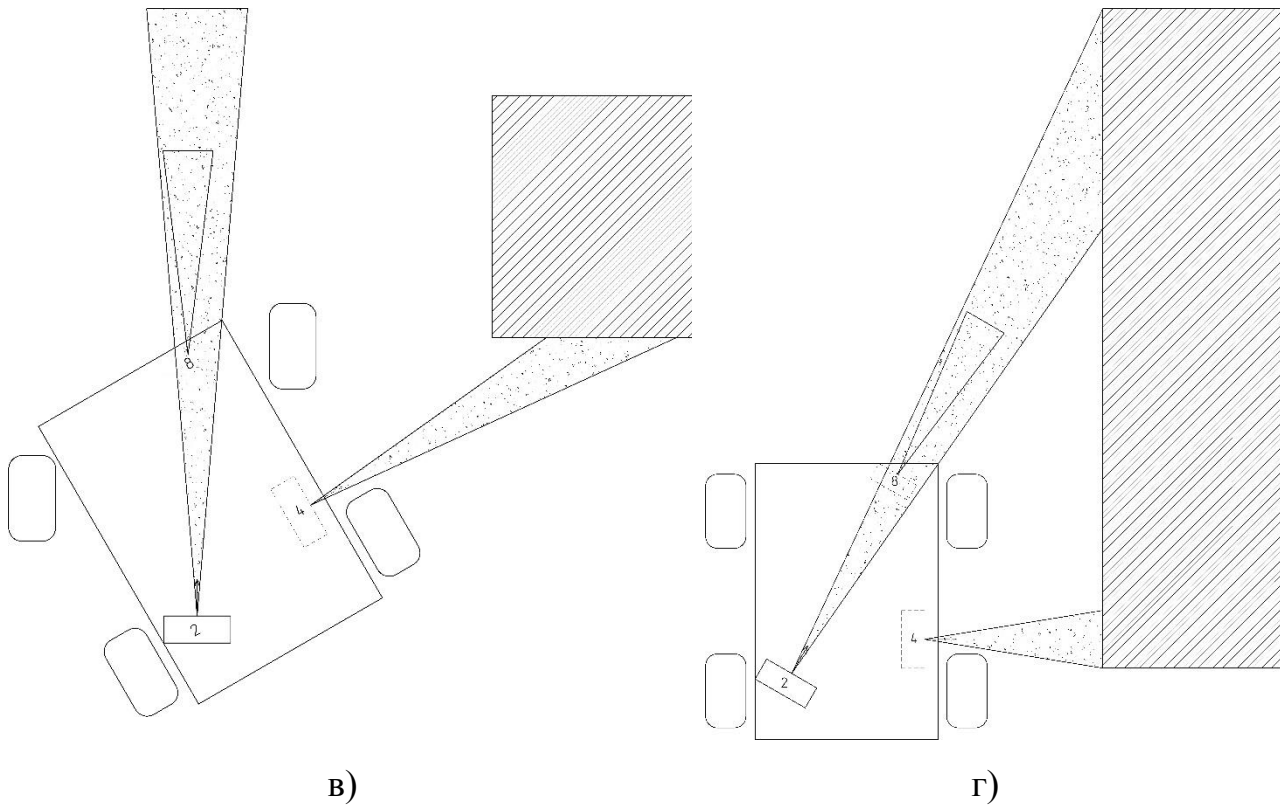


Рисунок 7.1 – Процес взаємодії роботизованої платформи з перешкодою

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Інноваційні розробки університетів і наукових установ МОН Україна.
Автор: Зінько Р.В., розробка: Роботизована платформа МРП-07 «Кубік».
2. Krzysztof Kozłowski Robot Motion and Control, 2004 – 325 сторінок
3. SHARP Datasheet: GP2Y0A02YK0F, GP2Y0A51SK0F
4. Контролер сімейства STM32F103C8: [Сайт] – https://www.st.com/content/st_com/en/products/microcontrollers-microprocessors/stm32-32-bit-arm-cortex-mcus/stm32-mainstream-mcus/stm32f1-series/stm32f103/stm32f103c8.html (Дата звернення 24.11.2019)
5. Березін Л. М., Кошель С.О. Теоретична механіка: навчальний посібник. 2018 – 218 с.
6. Алямовский А.: Инженерные расчеты в SolidWorks Simulation. 2015 – 404 с.
7. MatLab в инженерных и научных расчетах А. Ф. Дашенко, В. Х. Кирилов, Л. Л. Коломиец, В. Ф. Оробей; Одесса «Астропринт», 2003
8. Новицкий П.В. Оценка погрешностей результатов измерений. 1991 – 265 с.
9. Любимов Є: MATHCAD. Теория и практика проведения электротехнических расчетов в среде Mathcad и Multisim. 2012 – 400 с.
10. Гордон Мак-Комб, Бойсен Є., Радиоэлектроника для чайников. 2016 – 400 с.

ДОДАТОК А

(код програми)

```

clear all
%shvydkist
v0=1;
h=.3;
% %kilkist opytuvan
N=58;
%pochatkovyj naprjam i pozycja
f0=pi/4;
x0=0;
y0=0;
%stan davachiv zgidno profilju
D=[0 5 3 3 1 1 1 1;
  0 5 5 3 2 1 1 1;
  0 5 6 3 2.5 1 1 1;
  0 5 3 2 1 1 1 1;
  0 5 .2 3 1 1 1 1;
  0 5 1.5 3 2 1 1 1;
  0 5 3 3 2.5 1 1 1;
  0 5 .3 2 1 1 1 1;
  0 3 5 .1 3 .1 0 1;
  0 4 3 1.5 4 .1 0 1;
  0 3 7 1 2 1 1 1;
  0 7 7 1 5 1 1 1;
  0 .3 5 1 3 .1 0 1;
  0 2 3 1.5 4 .1 0 1;
  0 1 7 1 2 1 1 1;
  0 5 7 3 5 1 1 1;
  0 .3 5 1 3 .1 0 1;
  0 2 1 .5 .3 .1 1 1;
  0 1 3 2 1 1 1 1;
  0 5 2 1 .5 1 1 1;
  0 5 1 .5 3 1 1 1;
  0 5 1 2 1 1 1 1;
  0 5 .5 3 1 1 1 1;
  0 5 1.5 4 1 1 1 1;
  0 5 .5 5 1 1 1 1;
  0 3 5 3 1 1 .1 1;
  0 5 6 4 2 1 .2 1;
  0 5 3 2 1 1 .3 1;
  0 3 3 2 1 1 .6 1;
  0 5 2 3 2 1 .1 1;
  0 1 1 1 1.5 .03 .01 .06;
  0 5 2 2 5 1 0 0;
  0 5 0 1 2 1 0 0;
  0 1 1 1 1.5 .03 .01 .06;
  0 5 3 3 1 1 1 1;
  0 5 5 3 2 1 1 1;
  0 5 6 3 2.5 1 1 1;
  0 1 1 1 1.5 .03 .01 .06;
  0 4 0 0 1 1 0 0;
  0 2 0 0 1 1 0 0;
  0 2 0 0 1 1 0 .01;
  0 1 1 1 1.5 .03 .01 .06;
  0 5 3 2 1 1 1 1;

```

```

0 5 .2 3 1 1 1 1;
0 5 1.5 3 2 1 1 .01;
0 5 3 3 2.5 1 1 .01;
0 5 .3 2 1 1 1 .01;
0 1 0 0 5 1 0 .01;
0 1 0 0 .5 1 0 0;
0 2 0 0 1 1 0 0;
0 5 .5 3 1 1 1 1;
0 5 1.5 4 .01 1 1 1;
0 5 .5 5 1 1 1 1;
0 3 5 3 1 1 .1 1;
0 5 6 4 2 1 .2 1;
0 5 3 2 1 1 .3 1;
0 3 3 2 1 1 .6 1;
0 5 2 3 2 1 .1 1;
0 1 1 1 1.5 1 1 1];

%opracjuvannja algorytmu,pochatkovi ustanovky
f(1:N+1)=f0;
x(1:N+1)=x0;
y(1:N+1)=y0;
v(1:N+1)=v0;

dd2=0;
dd3=1;
%pokrokovye opytuvannja
for i=1:N
    d5=D(i,5);
    d2=D(i,2);
    d6=D(i,6);
    d1=D(i,1);
    d3=D(i,3);
    d4=D(i,4);
    d7=D(i,7);
    d8=D(i,8);

    if((d4>d5) && (d7>.05)) || ((d4<d5) && (d8<.05) && (d7>5))
        df=atan((d3-2*d5)/d3/sqrt(3));
        f(i+1)=f(i)+df;
        dd3=1
        dd2=0
    elseif((d4<d5) && (d8>.05)) || ((d4>d5) && (d7<.05) && (d8>.05))
        df=atan((d2-2*d4)/d2/sqrt(3));
        f(i+1) = f(i)-df;
        dd2=1
        dd3=0
    end

    v(i+1)=v0;
    %keruvannja shvydkistju
    if d8>.02 && d7<.02 && d6<.04
        v(i+1) =-v0;
    end
    if d8>.02 && d7<.02&&d6>.04
        v(i+1)=0;
    end
    if d8>.02 && d7<.02 && d6>.04&&v(i)==0
        v(i+1)=-v0;
    end
end

```

```

end
if d8<.02 && d6>.04 || d8<.02 && d6<.04 && d7>.2
v(i+1)=-v0;
end
if d8<.02 && d6<.04 && d7<.02 && v(i)==0
    v(i+1)=-v0;
    f(i+1)=f(i);
end
%pererahunok pozycji dlja nastupnogo kroku
    x(i+1)=x(i)+v(i+1)*cos(f(i+1));
    y(i+1)=y(i)+v(i+1)*sin(f(i+1));
    I(i)=i;
end

%vizualizacija
I(N+1)=N+1; I(N+1)=N+1;
    hPlot=plot(x,y,'*',x,y,'g')
set(hPlot,'LineWidth',3)
hold on
axis equal
    grid
    figure
    subplot(2,1,1)
    hPlot=plot(I,rem(180*f/pi,360-180),'o',I,rem(180*f/pi,360-180)),grid
    set(hPlot,'LineWidth',3)
    subplot(2,1,2)
    hPlot=stairs(v)
    set(hPlot,'LineWidth',3)
    grid

    figure
    for k=2:N+1
Vs(k,2)=v(k);
Fs(k,2)=f(k);
Vs(k,1)=k;
Fs(k,1)=k;
Xs(k,2)=x(k);
Ys(k,2)=y(k);
Xs(k,1)=k;
Ys(k,1)=k;
    end
hPlot=plot(x,y,'g',x,y,'y*')
set(hPlot,'LineWidth',6)
axis equal
hold on
    simOut=sim('LASTcarSIM')
hPlot=plot(XX.signals.values,YY.signals.values,'b')
set(hPlot,'LineWidth',2)
grid

```

ДОДАТОК Б

(код програми)

```

/* Private function prototypes -----*/
void SystemClock_Config(void);
static void MX_GPIO_Init(void);
static void MX_ADC1_Init(uint8_t Channel);
static void MX_TIM1_Init(void);
static void MX_TIM2_Init(void);
/* Private function prototypes -----*/

void Check_Time(void);
int GetADCValue(uint32_t Channel);
void Rotate(uint16_t Degree, uint8_t Side);
void Wheeling(uint16_t L_F, uint16_t R_F, uint16_t LS_F, uint16_t RS_F, uint16_t Side);
int Check(int pos);
void Speed_Control(uint16_t LC);
void Change_Direction(uint16_t Side);
int STOP(void);
void Check_FOR_Turn(uint16_t L_F, uint16_t R_F, uint16_t LS_F, uint16_t RS_F);
void Check_FOR_Reverse(void);

uint32_t clock = 0;
uint16_t Reverse = 0;
uint16_t Previous_Turn = 2; // 1 - Left; 0 - Right
uint16_t Previous_Direction = 2; // 1 - Forward; 0 - Backward
uint16_t Left_Short, Right_Short, Center_Short, Left_Long,
        Right_Long, Center_Long, LSide_Long, RSide_Long = 0;
uint16_t Hypotenuse, Angle = 0;
uint32_t set_speed = 0;
uint16_t measured_speed = 0;
uint8_t IS_STOP = 0;
uint32_t timer_revile = 0;
uint32_t short_time = 0;
uint32_t BLDC_time = 0;
uint32_t Encoder_Count = 0;
uint32_t exp_speed = 0;
uint32_t val_speed = 0;
uint16_t Backwards_STOP = 0;

void EXTI15_IRQHandler(void)
{
    HAL_GPIO_EXTI_IRQHandler(GPIO_PIN_15);
}

void HAL_GPIO_EXTI_Callback(uint16_t GPIO_Pin)
{
    if(GPIO_Pin == GPIO_PIN_15)
    {
        Encoder_Count++;
    }
}

void Check_Time(void)
{
    if ((HAL_GetTick() - clock)>250)
    {
        clock = HAL_GetTick();
        exp_speed = Encoder_Count * 25.60;
        val_speed = Encoder_Count / 3;
    }
}

```

```

    if(Encoder_Count != 0)
    {
        htim2.Instance ->CCR1 += PID_(set_speed,Encoder_Count);
    }

    Encoder_Count = 0;
    if(TIM2 ->CCR1 > 750)
        TIM2 ->CCR1 = 750;
    if(TIM2 ->CCR1 < 5)
        TIM2 ->CCR1 = 5;
    timer_revile = TIM2 ->CCR1;
}

}

void Rotate(uint16_t Degree, uint8_t Side)
{
    //Side 0 - Left, 1 - Right
    uint16_t temp = 0;
    switch(Side)
    {
        case 1:
            Previous_Turn = 0;
            temp = 65 - Degree;
            if(temp < 45)
                temp = 45;
            htim1.Instance->CCR1 = temp;
            break;
        case 0:
            Previous_Turn = 1;
            temp = 65 + Degree;
            if(temp > 85)
                temp = 85;
            htim1.Instance->CCR1 = temp;
            break;
        default:
            Previous_Turn = 2;
            htim1.Instance->CCR1 = 65;
            break;
    }
}

}

void Wheeling(uint16_t L_F, uint16_t R_F, uint16_t LS_F, uint16_t RS_F, uint16_t Side)
{
    switch(Side)
    {
        case 2:
            if(RS_F < LS_F)
            {
                //Right
                Hypotenuse = (RS_F + 70) * 2;
                if(Hypotenuse > L_F)
                {
                    Angle = (180 / 3.14) * atan((2 * (RS_F + 70)
- L_F) / (L_F * sqrt(3)));
                    Rotate(Angle,0);
                }
            }
            else
            {
                Angle = (180 / 3.14) * atan((L_F - ((RS_F +
70) * 2)) / (L_F * sqrt(3)));
                Rotate(Angle,1);
            }
        }
    }
}

```



```

    }

    if(RS_F > LS_F)
    {
        //Left
        Hypotenuse = (LS_F + 70) * 2;
        if(Hypotenuse > R_F)
        {
            Angle = (180 / 3.14) * atan((2 * (LS_F + 70)
- R_F) / (R_F * sqrt(3)));
            Rotate(Angle,1);
        }else
        {
            Angle = (180 / 3.14) * atan((R_F - ((LS_F +
70) * 2)) / (R_F * sqrt(3)));
            Rotate(Angle,0);
        }
    }
    break;
    case 0:
        Angle = (180 / 3.14) * atan((R_F - ((LS_F + 70) *
2)) / (R_F * sqrt(3)));
        Rotate(Angle,1);
    break;
    case 1:
        Angle = (180 / 3.14) * atan((L_F - ((RS_F + 70) *
2)) / (L_F * sqrt(3)));
        Rotate(Angle,0);
    break;
}
}

int Check(int pos)
{
    return Convert(GetADCValue(pos),pos);
}

int GetADCValue(uint32_t Channel)
{
    int val = 0;
    int Count = 5;
    ADC_ChannelConfTypeDef sConfig;
    sConfig.Channel=Channel;
    sConfig.Rank=ADC_REGULAR_RANK_1;
    sConfig.SamplingTime=ADC_SAMPLETIME_239CYCLES_5;
    MX_ADC1_Init((uint8_t)Channel);
    HAL_ADC_Start(&hadc1);
    HAL_ADC_PollForConversion(&hadc1,100000);
    for(int i = 0; i < Count; i++)
    {
        val += HAL_ADC_GetValue(&hadc1);
    }
    return val / Count;
}

void Speed_Control(uint16_t LC)
{
    uint16_t dev = 1200 / 300;
    if(LC > 1700)
    {
        set_speed = 500;
    }else

```

```

    {
        set_speed = LC / dev;
        if(set_speed < 400)
        {
            set_speed = 400;
        }
    }
}

void Check_FOR_Turn(uint16_t L_F, uint16_t R_F, uint16_t LS_F, uint16_t RS_F)
{
    uint8_t turn_L = 0;
    uint8_t turn_R = 0;
    if(LS_F > RS_F)
    {
        if(L_F > R_F)
        {
            turn_R++;
        }else
        {
            turn_L++;
        }
    }else
    {
        if(L_F > R_F)
        {
            turn_R++;
        }else
        {
            turn_L++;
        }
    }

    Center_Long = Check(SHARP_LONG_CENTER);
    if(Center_Long < 1500)
    {
        if(turn_L > turn_R)
            Rotate(45,0);
        else
            Rotate(45,1);
    }
}

void Change_Direction(uint16_t Side)
{
    //Side 2 - Left, 4 - Right, 3 - Center

    if(Reverse == 1)
    {
        HAL_GPIO_WritePin(GPIOB,GPIO_PIN_12,GPIO_PIN_SET);
        if((Side == 2) || (Side == 6))
        {
            Rotate(45,0);
        }
        if((Side == 3) || (Side == 7) || (Side == 9))
        {
            Rotate(45,1);
        }
        if(Side == 4)
        {
            Rotate(1,2);
        }
    }else

```

```

    {
        HAL_GPIO_WritePin(GPIOB,GPIO_PIN_12,GPIO_PIN_RESET);
    }
}

void Check_FOR_Reverse(void)
{
    uint16_t tmp_rev = 0;
    if(Reverse == 0)
    {
        if(Left_Short < 80)
        {
            IS_STOP += STOP() * 2;
            Reverse = 1;
        }

        if(Right_Short < 80)
        {
            IS_STOP += STOP() * 3;
            Reverse = 1;
        }

        if(Center_Short < 100)
        {
            IS_STOP += STOP() * 4;
            Reverse = 1;
        }
    }else
    {
        if(Left_Short > 110)
        {
            tmp_rev++;
        }

        if(Right_Short > 110)
        {
            tmp_rev++;
        }

        if(Center_Short > 130)
        {
            tmp_rev++;
        }

        if(tmp_rev == 3)
        {
            Reverse = 0;
            Change_Direction(1);
        }
    }
}

int STOP(void)
{
    //set_speed = 0;
    //TIM2 ->CCR1 = set_speed;
    return 1;
}

int main(void)
{
    /* USER CODE BEGIN 1 */
    HAL_Init();
    /* Configure the system clock */

```

```

SystemClock_Config();

/* Initialize all configured peripherals */
MX_GPIO_Init();
MX_ADC1_Init(SHARP_LONG_CENTER);
MX_TIM1_Init();
MX_TIM2_Init();
/* USER CODE BEGIN 2 */

    HAL_TIM_PWM_Start(&htim1,TIM_CHANNEL_1);
    HAL_TIM_PWM_Start(&htim2,TIM_CHANNEL_1);
    HAL_GPIO_WritePin(GPIOB,GPIO_PIN_12,GPIO_PIN_RESET);
/* USER CODE END 2 */

/* Infinite loop */
/* USER CODE BEGIN WHILE */
while (1)
{
    /* USER CODE BEGIN 3 */
    if((HAL_GetTick() - short_time) > 500)
    {
        short_time = HAL_GetTick();
        IS_STOP = 0;
        Left_Short = Check(SHARP_SHORT_LEFT);
        Right_Short = Check(SHARP_SHORT_RIGHT);
        Center_Short = Check(SHARP_SHORT_CENTER);
        Check_FOR_Reverse();

        if(IS_STOP > 1)
        {
            Backwards_STOP++;
            Change_Direction(IS_STOP);
        }

        if(Backwards_STOP > 3)
        {
            Reverse = 0;
            IS_STOP = 0;
            Change_Direction(IS_STOP);
            Backwards_STOP = 0;
        }
    }
    Check_Time();

    if(Reverse == 0)
    {
        Left_Long = Check(SHARP_LONG_LEFT);
        Right_Long = Check(SHARP_LONG_RIGHT);
        LSide_Long = Check(SHARP_LONG_LSIDE);
        RSide_Long = Check(SHARP_LONG_RSIDE);

        Wheeling(Left_Long,Right_Long,LSide_Long,RSide_Long,2);

        if(Center_Long < 1500)
        {
            Check_FOR_Turn(Left_Long,Right_Long,LSide_Long,RSide_Long);
        }
    }
    /* USER CODE END 3 */
}

```